



TESIS RC - 142501

ANALISIS KEBUTUHAN BIAYA PEMELIHARAAN JEMBATAN RANGKA BAJA PADA KONTRAK BERBASIS KINERJA (Studi Kasus Jembatan Musi II di Palembang)

CHINTYA DEWI ARINDA
3112 207 804

DOSEN PEMBIMBING :
Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.
Ir. Jasmin, M.MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN ASET INFRASTRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



TESIS RC - 142501

THE ANALYSIS OF THE TRUSS BRIDGE MAINTENANCE COST ALLOCATION OF PERFORMANCE BASED CONTRACT (Case Study of Musi II Bridge in Palembang)

CHINTYA DEWI ARINDA
3112 207 804

LECTURER :
Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.
Ir. Jasmin, M.MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN ASET INFRASTRUKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh :

CHINTYA DEWI ARINDA
NRP. 3112207804

Tanggal Ujian : 3 Juli 2015
Periode Wisuda : September 2015

Disetujui oleh :

1. Ir. Ervina Ahyudanari, M.E. Ph.D
NIP. 19690224 199512 2001

(Pembimbing I)

2. Ir. Jasmin, M.MT
NIP. -

(Pembimbing II)

3. Dr. Ir. Ria A.A. Soemitro, M.Eng
NIP. 19560119 198601 2001

(Penguji)

4. Ir. Retno Indryani, M.T
NIP. 19591106 198501 2001

(Penguji)

5. Ir. Soemino, M.MT
NIP. -

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. A. Soeprijanto, M.T.
NIP. 19540408 1990021001

ANALISIS KEBUTUHAN BIAYA PEMELIHARAAN JEMBATAN RANGKA BAJA PADA KONTRAK BERBASIS KINERJA (Studi Kasus Jembatan Musi II di Palembang)

Nama Mahasiswa : Chintya Dewi Arinda
NRP : 3112 207 804
Dosen Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.
Ir. Jasmin, M.MT.

ABSTRAK

Kontrak Berbasis Kinerja (KBK) merupakan salah satu sistem kontrak kerja yang berdasarkan terhadap pemenuhan kondisi aset terhadap kondisi kinerja minimum yang ditentukan dalam kontrak pekerjaan. KBK seringkali dilakukan dalam jangka waktu yang lama, minimal 3(tiga) tahun. Sehingga dalam menentukan besarnya kebutuhan biaya pemeliharaan aset dengan sistem KBK ini diperlukan penentuan mengenai indikator kinerja utama serta prediksi kondisi kinerja aset di masa mendatang.

Penelitian ini berlokasi di jembatan Musi II Palembang. Jembatan ini merupakan jembatan Rangka Baja Australia (RBA) yang dimiliki oleh Kementerian Pekerjaan Umum yang pekerjaan pemeliharannya menggunakan sistem kontrak konvensional. Dalam penelitian ini, masa kontrak KBK dimodelkan selama 5 (tahun) dengan rincian 2 (dua) tahun masa pelaksanaan pekerjaan fisik jembatan dan 3 (tiga) tahun masa pemeliharaan jembatan. Penentuan indikator utama jembatan dengan menggunakan analisis pareto dan pengelompokan kerusakan jembatan berdasarkan *Bridge Management System* (BMS). Sedangkan prediksi kondisi kinerja jembatan menggunakan proses rantai markov.

Dari hasil prediksi kondisi pada indikator kinerja utama jembatan yang terdapat pada bagian lantai kendaraan, diperoleh nilai estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang sebesar 5,7 Miliar Rupiah. Sedangkan nilai biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang dengan sistem kontrak konvensional selama tahun 2012 sampai dengan 2014 yang telah diekivalensi sebesar 6,5 Miliar Rupiah. Nilai estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang dengan menggunakan sistem kontrak KBK dalam penelitian ini 13,43% lebih kecil daripada nilai biaya pemeliharaan jembatan dengan menggunakan kontrak konvensional.

Kata kunci : Jembatan Rangka Baja, Kontrak Berbasis Kinerja, Biaya Pemeliharaan Jembatan, Rantai Markov, Jembatan Musi II Palembang



Halaman ini sengaja dikosongkan



THE ANALYSIS OF THE TRUSS BRIDGE MAINTENANCE COST ALLOCATION OF PERFORMANCE BASED CONTRACT (Case Study of Musi II Bridge in Palembang)

Student : Chintya Dewi Arinda
Student Identity Number : 3112 207 804
Supervisors : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.
Ir. Jasmin, M.MT.

ABSTRACT

Performance Based Contract (PBC) is one of contract system based on the fulfillment of the asset minimum performance conditions that specified in the contract. PBC is often done in a long period of time, at least 3 (three) years. So that in determining the need of asset maintenance costs with PBC system is necessary to determine the key performance indicators as well as the prediction of the condition of the asset performance in the future.

This research is located in Musi Bridge II at Palembang. This bridge is a truss bridge of Australia which is owned by the Ministry of Public Works which used conventional contract system. In this study, the modeled of contract period of PBC is 5 (five) years, it consist of 2 (two) years of implementation of the bridges physical works and 3 (three) years of bridge maintenance. Determination of the main indicators of the bridge by using pareto analysis and grouping of bridge damage based Bridge Management System (BMS). While predictions of the performance condition bridge using markov chain process.

The results of predicted conditions by the major performance indicators bridge that located on the deck of bridge, obtained a maintenance cost estimation of Musi II Bridge in Palembang amount 5,7 billion rupiahs. It is compared with the equivalence maintenance cost of conventional contract that used by Musi II bridge during 2012 through 2014, that is 6,5 billion rupiahs. The maintenance cost estimation of Musi II Bridge in Palembang that used PBC system in this study is 13.43% smaller than used conventional contract.

Key words : Truss Bridge, Performance Based Contract, Bridge Maintenance Cost, Markov Chain, Musi II Bridge in Palembang



Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul **“Analisis Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan Rangka Baja pada Kontrak Berbasis Kinerja (Studi Kasus Jembatan Musi II di Palembang)”** dalam keadaan sehat dan diberi kelancaran. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pada Program Magister, Bidang Keahlian Manajemen Aset Infrastruktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D. dan Bapak Ir. Jasmin M.MT. selaku dosen pembimbing tesis yang telah dengan sabar dan bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan arahan selama penyusunan tesis.
2. Ibu Dr. Ir. Ria A.A. Soemitro, M.Eng., Ibu Ir. Retno Indryani, MT., serta Bapak Ir. Soemino, M.MT. selaku dosen penguji dalam ujian tesis yang dengan sabar dan bersedia meluangkan waktunya untuk menguji, membimbing, dan memeberikan arahan dalam perbaikan penyusunan tesis ini.
3. Para Dosen Program Studi Magister Manajemen Aset Infrastruktur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas bimbingan, pengalaman, pengetahuan, serta semangat dan inspirasinya yang telah dibagikan selama penyelesaian studi.
4. Para Staff Pengelola Program Studi Magister Manajemen Aset Infrastruktur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah membantu, memberikan semangat dan kelancaran selama penyelesaian studi.
5. Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan (PUSDIKLAT) Kementerian Pekerjaan Umum yang telah memberikan beasiswa dan dukungan administrasi untuk mengikuti pendidikan Program Magister Bidang Keahlian

Manajemen Aset Infrastruktur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Suami tercinta yang selalu mendoakan, memberikan dukungan dan semangat dengan sabar dan tidak henti-hentinya. Serta untuk anak tercinta yang merupakan salah satu sumber semangat terbesar bagi penulis dalam penyelesaian tesis ini. Terima kasih atas doa, cinta, bantuan serta pengertiannya selama penyelesaian tesis ini.
7. Ibunda tersayang yang selalu mendoakan dan memberi dukungan serta semangat yang luar biasa bagi penulis dalam menyelesaikan tesis ini. Semoga Allah membalas segala kebaikan ibunda.
8. Teman-teman MMAI khususnya angkatan 2013 yang telah sabar, ikhlas, dan kompak bekerjasama serta banyak membantu selama penyelesaian studi.
9. Keluarga besar Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Jembatan Nasional (P2JN) Provinsi Sumatera Selatan, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang lebih baik lagi. Semoga tesis ini bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Surabaya, Juli 2015
Penulis,

Chintya Dewi Arinda

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR ISTILAH	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Permasalahan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Lokasi dan Waktu Penelitian	5
1.7 Sistematika Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Infrastruktur Jembatan.....	7
2.1.1 Pembagian Jenis Jembatan	7
2.2 Jembatan Rangka Baja.....	9
2.2.1 Komponen Jembatan Rangka Baja	10
2.2.2 Kerusakan Jembatan Rangka Baja	11
2.2.3 Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja.....	15
2.2.4 Penilaian Jembatan Rangka Baja	17
2.2.5 Pekerjaan Pemeliharaan Jembatan Rangka Baja.....	18

2.3 Kontrak Berbasis Kinerja (KBK).....	20
2.3.1 Jenis Kontrak Berbasis Kinerja (KBK).....	23
2.3.2 Indikator Kinerja pada Kontrak Berbasis Kinerja (KBK).....	25
2.4 Teori Rantai Markov.....	30
2.4.1 Peluang Transisi Markov.....	30
2.5 Model Penurunan Kondisi Jembatan.....	32
2.6 Ekuivalensi Nilai Uang.....	32

BAB 3 METODE PENELITIAN.....35

3.1. Rancangan Penelitian.....	35
3.2. Tahapan Penelitian.....	35
3.2.1 Studi Literatur.....	38
3.2.2 Pengumpulan Data.....	38
3.2.3 Menyusun Penentuan Indikator Kinerja Jembatan.....	39
3.2.4 Menentukan Kondisi Kinerja Jembatan Saat Ini.....	40
3.2.5 Menyusun Prediksi Kondisi Kinerja Jembatan Selama 5 Tahun Mendatang.....	41
3.2.6 Menghitung Estimasi Biaya Pekerjaan Pemeliharaan Jembatan.....	43

BAB 4 DATA DAN PEMBAHASAN.....45

4.1. Umum.....	45
4.2. Penyusunan Indikator Utama Kinerja Jembatan.....	45
4.2.1. Klasifikasi Tipe Kerusakan Jembatan.....	46
4.2.2. Analisis Pareto Kerusakan Jembatan.....	49
4.3. Penentuan Kondisi Kinerja Jembatan Saat ini.....	52
4.4. Prediksi Kondisi Kinerja Jembatan Selama 5 Tahun Mendatang.....	57
4.4.1. Penentuan Vektor Probabilitas.....	59
4.4.2. Penentuan Matrik Probabilitas Transisi.....	63
4.4.3. Prediksi Kondisi dengan Proses Rantai Markov.....	70
4.5. Perhitungan Estimasi Biaya Pekerjaan Pemeliharaan Jembatan.....	73
4.5.1. Biaya Utama.....	74
4.5.2. Biaya Penunjang.....	77
4.5.3. Total Biaya Pemeliharaan Jembatan.....	78

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	85
4.6. Kesimpulan.....	85
4.7. Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis-Jenis Jembatan Rangka Baja.....	9
Tabel 2.2 Kerusakan Pada Jembatan Rangka Baja	13
Tabel 2.3 Sistim Penilaian Elemen Jembatan	18
Tabel 2.4 Kriteria Pemilihan Jenis Pekerjaan Pemeliharaan Jembatan	20
Tabel 2.5 Kontrak dengan sistem KBK di Amerika Latin.....	21
Tabel 2.6 Persyaratan Mutu Layanan pada Jembatan.....	26
Tabel 2.7 Rumus Perhitungan untuk Ekuivalensi Nilai Uang	34
Tabel 3.1 Kebutuhan Data untuk Penelitian	38
Tabel 3.2 Penentuan Indikator Kinerja Jembatan	40
Tabel 3.3 Perhitungan Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan.....	44
Tabel 4.1 Data Inventaris Jembatan Musi II.....	46
Tabel 4.2 Data Histori Kerusakan Jembatan Musi II.....	47
Tabel 4.3 Pengelompokan Jenis Kerusakan Jembatan.....	49
Tabel 4.4 Frekuensi Kejadian Masing-Masing Kerusakan Jembatan.....	50
Tabel 4.5 Ceklist Persyaratan Mutu Layanan Jembatan Musi II Palembang	54
Tabel 4.6 Jenis dan Besar Biaya Pemeliharaan Jembatan Musi II Palembang.....	58
Tabel 4.7 Data Kuantitas Kerusakan pada Indikator Kinerja Jembatan Tahun 2014.....	60
Tabel 4.8 Nilai Kondisi Aktual Indikator Kinerja	62
Tabel 4.9 Vektor Probabilitas Aktual Indikator Kinerja.....	62
Tabel 4.10 Kuantitas Kondisi Indikator Kinerja Jembatan.....	65
Tabel 4.11 Peluang Perubahan Kondisi Indikator Kinerja Jembatan	66
Tabel 4.12 Jenis Pekerjaan Pemeliharaan pada Tiap Indikator Kinerja.....	67
Tabel 4.13 Kuantitas Pekerjaan Pemeliharaan pada Indikator Kinerja Jembatan	69
Tabel 4.14 Peluang Perubahan Pekerjaan Pemeliharaan pada Indikator Kinerja Jembatan.....	70
Tabel 4.15 Hasil Prediksi Perubahan Kondisi Indikator Kinerja Jembatan dalam Prosentase.....	72

Tabel 4.16 Hasil Prediksi Perubahan Kondisi Indikator Kinerja Jembatan dalam Satuan Sebenarnya.....	72
Tabel 4.17 Prediksi Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan Jembatan pada tiap Indikator Kinerja.....	75
Tabel 4.18 Biaya Grouting pada Elemen Beton Jembatan (Tahun ke1)	76
Tabel 4.19 Biaya Grouting pada Elemen Beton Jembatan (Tahun ke2)	76
Tabel 4.20 Biaya Umum Pemeliharaan Jembatan Musi II Palembang	78
Tabel 4.21 Biaya Elemen Struktur Baja Jembatan	78
Tabel 4.22 Biaya Perlengkapan Jembatan Musi II Palembang	78
Tabel 4.23 Biaya Pemeliharaan Rutin Jembatan Musi II Palembang	78
Tabel 4.24 Tingkat Suku Bunga Bank per Tahun	79
Tabel 4.25 Nilai Ekuivalensi Biaya Pemeliharaan Jembatan Musi II	82
Tabel 4.26 Total Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan Tahun ke-1.....	82
Tabel 4.27 Total Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan Tahun ke-2.....	83
Tabel 4.28 Total Estimasi Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan	83
Tabel 4.29 Ringkasan Hasil Pembahasan Penelitian.....	84

DAFTAR ISTILAH

AHS (Analisa Harga Satuan) adalah suatu analisa yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum yang digunakan dalam perhitungan biaya pekerjaan.

Analisis Pareto merupakan metode analisis berdasarkan pada konsep bahwa 20% dari variabel dalam analisis bertanggung jawab atas 80% dari hasil.

BMS (*Bridge Management System*) adalah panduan yang digunakan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dalam sistem manajemen jembatan yang meliputi panduan pada tahap perencanaan, pemeriksaan, penilaian, pembangunan, serta pemeliharaan jembatan.

Jembatan Rangka Baja adalah salah satu jenis tertua dari struktur jembatan modern yang dibuat dengan menyusun tiang-tiang jembatan membentuk kisi-kisi agar setiap tiang hanya menampung sebagian berat struktur jembatan tersebut

KBK (Kontrak Berbasis Kinerja) adalah salah satu jenis kontrak pekerjaan yang mendasarkan terhadap pemenuhan terhadap tingkat kondisi pelayanan minimum suatu aset.

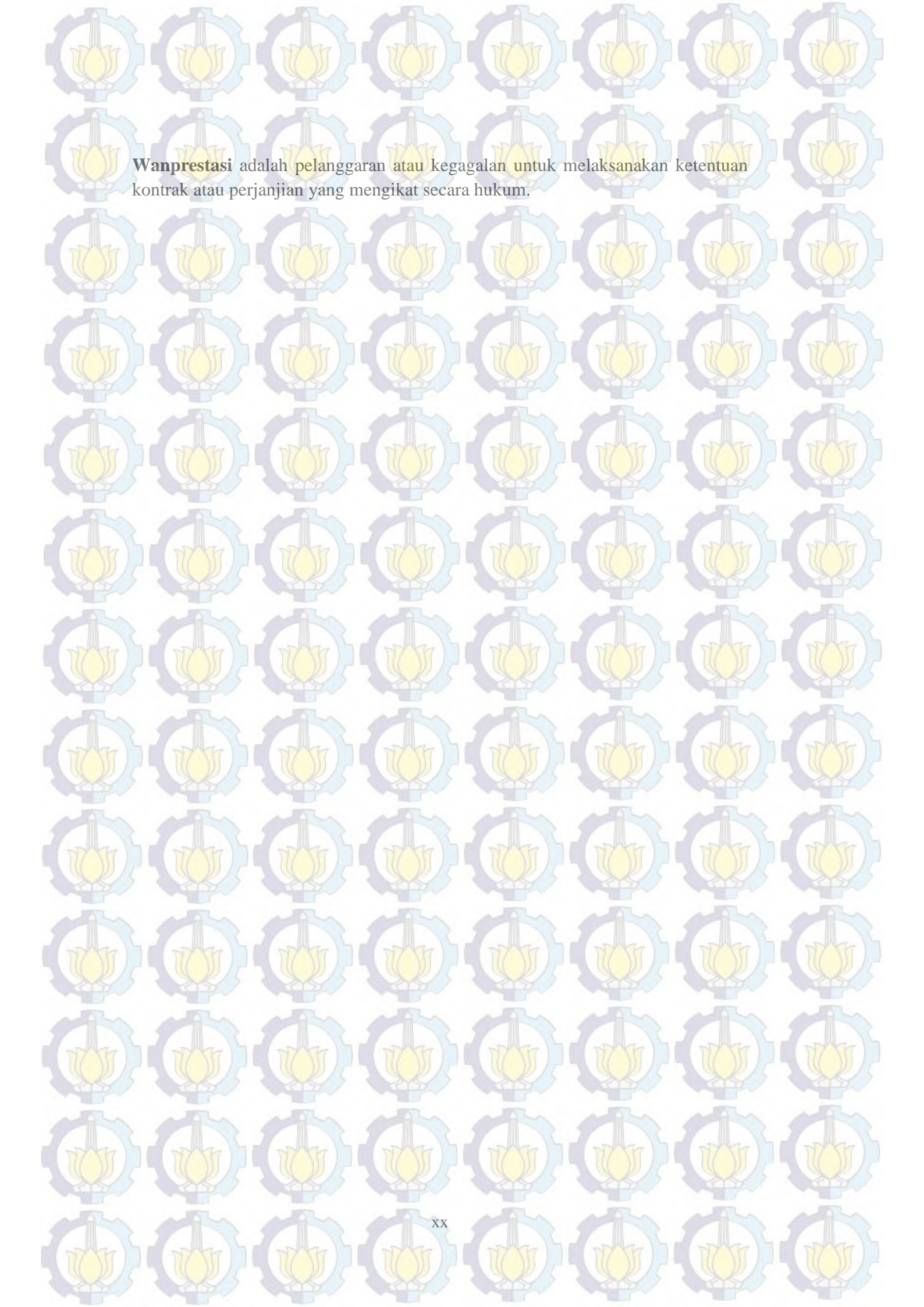
NK (Nilai Kondisi) merupakan suatu nilai yang menggambarkan tingkat kondisi pada jembatan mulai dari kondisi baru hingga kondisi runtuh.

MPT (Matrik Probabilitas Transisi) adalah matrik yang elemennya merupakan probabilitas perubahan dari kondisi awal menjadi kondisi lain yang terjadi pada suatu sistem dalam interval waktu yang tetap.

P2JN (Perencanaan dan Pengawasan Jalan dan Jembatan Nasional) merupakan Satuan Kerja yang terdapat pada Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum yang berfungsi sebagai perencana dan pengawas pada pekerjaan pembangunan dan pemeliharaan jalan dan jembatan nasional.

Proses Rantai Markov adalah suatu bentuk metode kuantitatif yang digunakan untuk menghitung probabilitas perubahan-perubahan yang terjadi berdasarkan probabilitas perubahan selama periode waktu tertentu.

RBA (Rangka Baja Australia) adalah salah satu jenis jembatan rangka baja yang digunakan di Indonesia.



Wanprestasi adalah pelanggaran atau kegagalan untuk melaksanakan ketentuan kontrak atau perjanjian yang mengikat secara hukum.

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Komponen Jembatan.....	11
Gambar 2.2 Bagan Alir Proses KBK	23
Gambar 2.3 Tipikal Kurva Kerusakan Jembatan.....	32
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 3.2 Ilustrasi Transisi Laju Kerusakan (λ) dan Transisi Pemeliharaan yang Dilakukan (μ).....	42
Gambar 4.1 Grafik Pareto Kerusakan Jembatan Musi II	51
Gambar 4.2 Grafik Perubahan Nilai Kondisi Jembatan Musi II Palembang	57
Gambar 4.3 Diagram Perpindahan Kondisi Indikator Kinerja Utama Jembatan..	63
Gambar 4.4 Grafik Kuantitas Kerusakan Indikator Kinerja Utama Jembatan.....	64
Gambar 4.5 Posisi Jembatan Musi II terhadap STA Jalan Mayjend Yusuf Singadekane Palembang	68
Gambar 4.6 Diagram Perpindahan Kegiatan Pemeliharaan pada Indikator Kinerja Utama Jembatan	68
Gambar 4.27 Ilustrasi Aliran Uang pada Ekuivalensi Biaya Pemeliharaan Jembatan	80



Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 89



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam suatu manajemen aset infrastruktur sangat penting untuk mengetahui berapa besar kebutuhan biaya dalam pemeliharaan aset tersebut. Kebutuhan biaya ini dapat berpengaruh terhadap kondisi pelayanan aset yang dihasilkan, terutama untuk aset infrastruktur publik yang melayani masyarakat luas. Perlu diperhatikan pula besarnya kebutuhan biaya pemeliharaan aset infrastruktur publik terhadap alokasi dana atau anggaran yang ada agar dapat mencukupi kebutuhan biaya pemeliharaan pada aset infrastruktur publik secara keseluruhan, bukan hanya pada satu sektor saja.

Berkaitan dengan hal tersebut diperlukan suatu evaluasi terhadap pengalokasian biaya pemeliharaan aset infrastruktur itu sendiri. Mulai dari pemilihan mengenai prioritas kebutuhan pemeliharaan aset infrastruktur sampai pada pekerjaan fisik pemeliharaan aset infrastruktur tersebut. Fungsi manajemen aset dalam hal ini adalah untuk menjamin agar kegiatan tersebut dapat dilakukan secara efektif dan efisien dengan menggunakan sumber daya yang seoptimal mungkin.

Salah satu instansi pemerintah yang berwenang atas penyelenggaraan aset infrastruktur publik baik pusat maupun daerah adalah Kementerian Pekerjaan Umum. Aset infrastruktur publik ini terdiri dari jalan, jembatan, wilayah aliran sungai, rumah susun, pengelolaan sampah, air minum, dsb. Dalam Kementerian Pekerjaan Umum terdapat beberapa Direktorat Jenderal yang berwenang akan pengelolaan dan pemeliharaan aset-aset infrastruktur yang ada. Salah satunya adalah Direktorat Jenderal Bina Marga yang berwenang akan pemeliharaan jalan dan jembatan serta pelengkapannya.

Terkait dengan kegiatan pembiayaan pemeliharaan aset infrastruktur, saat ini Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum telah mengembangkan penggunaan kontrak kerja yang berbasis kinerja atau yang sering disebut dengan Kontrak Berbasis Kinerja (KBK) pada pekerjaan pemeliharaan

jalan maupun jembatan. Hal ini didasari oleh terjadinya penurunan tingkat layanan jalan & jembatan dalam umur rencananya serta keterlambatan penyelenggaraan kegiatan pemeliharaan jalan jembatan pada kontrak konvensional yang pada akhirnya berakibat pada tingginya biaya pemeliharaan itu sendiri. Tujuan dari penggunaan sistem kontrak dengan KBK ini adalah untuk mengefisienkan penggunaan dana, sumber daya manusia, dan waktu yang tersedia.

Dalam penerapan kontrak KBK ini, sektor swasta sebagai penyedia jasa lah yang akan merencanakan, melaksanakan, serta memelihara aset jalan dan jembatan yang ada. Sedangkan Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, sebagai pengguna jasa menetapkan kriteria-kriteria desain yang harus menjadi acuan bagi penyedia jasa dalam membuat dan melaksanakan desain dan kriteria kinerja yang harus dipenuhi oleh penyedia jasa dalam waktu tertentu.

Masa pelaksanaan kontrak berbasis kinerja atau KBK untuk pekerjaan pembangunan serta pemeliharaan jalan & jembatan adalah minimal 3 (tiga) tahun. Namun demikian, apabila waktu kontrak itu ditetapkan semakin lama akan semakin baik. Hal ini tentunya disesuaikan kondisi kualitas pengguna jasa yang ada. Selama masa kontrak, penyedia jasa akan membangun jalan atau jembatan yang berkualitas agar dapat mengurangi resiko kerusakan pada jalan atau jembatan yang nantinya menyebabkan tingginya biaya pemeliharaan selama masa kontrak itu sendiri. Hal ini dikarenakan selama masa kontrak pada sistem KBK, biaya pemeliharaan akan dibebankan kepada penyedia jasa.

Pada pekerjaan dengan sistem KBK, penyedia jasa diberikan tanggung jawab untuk merencanakan pekerjaan menurut pengetahuan dan pengalaman mereka. Sedangkan pengguna jasa, dalam hal ini Kementerian Pekerjaan Umum, bertugas untuk menyediakan data-data pendukung untuk perencanaan tersebut. Namun demikian, estimasi biaya dari pengguna jasa tetaplah diperlukan sebagai gambaran biaya pekerjaan dan membantu penilaian akan harga yang ditawarkan oleh penyedia jasa pada saat proses pelelangan pekerjaan.

Sampai saat ini Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum yang memiliki kewenangan atas jalan dan jembatan yang ada di seluruh

wilayah Indonesia ini, telah melakukan studi terhadap sistem KBK sejak tahun 2000 dan menerapkannya pada pekerjaan pemeliharaan jalan dan jembatan sejak tahun 2011 (Pusat Komunikasi Publik Dirjen Bina Marga, 2012).


Salah satu aset jalan dan jembatan yang dimiliki oleh Kementerian Pekerjaan Umum adalah jembatan Musi II yang terletak di wilayah Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Jembatan ini merupakan jenis jembatan Rangka Baja Australia (RBA) yang memiliki panjang bentang total 534,6 m yang terbagi menjadi 10 bentang. Jembatan Musi II yang terletak di jalur lintas barat Kota Palembang berfungsi untuk menghubungkan lalu lintas darat kendaraan yang akan melintas kota Palembang, baik dari arah Lampung menuju ke Jambi maupun sebaliknya. Saat ini, pekerjaan pemeliharaan yang terdapat pada jembatan Musi II dilakukan dengan sistem kontrak konvensional. Hal ini seringkali menyebabkan lamanya proses pelelangan pekerjaan yang dilakukan tiap tahunnya sehingga waktu pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan jembatan menjadi kurang efektif.

Pada penelitian ini akan dicoba untuk simulasi pekerjaan pemeliharaan pada jembatan Musi II ini apabila menggunakan sistem KBK selama 5 tahun dengan rincian 2 tahun masa pekerjaan fisik jembatan dan 3 tahun masa pemeliharaan jembatan. Untuk itu, diperlukan suatu perhitungan estimasi kebutuhan biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan selama tahun kontrak dengan sistem KBK ini. Berdasarkan data yang ada akan dihitung besarnya estimasi biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan Musi II dengan menggunakan simulasi dari proses Rantai Markov. Simulasi dengan proses Rantai Markov diharapkan dapat menganalisis mengenai prediksi terhadap kondisi-kondisi yang terjadi pada masa yang akan datang berdasarkan data lapangan yang ada saat ini.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan Masalah dari penelitian ini adalah :

1. Indikator apa saja yang menjadi indikator utama dalam menentukan kinerja jembatan?
2. Bagaimana kondisi kinerja jembatan saat ini?

- 
3. Bagaimana prediksi kondisi kinerja jembatan selama 5 tahun mendatang dengan simulasi rantai markov?
 4. Berapakah besarnya kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan selama 5 tahun mendatang?

1.3 Batasan Permasalahan Penelitian

Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder.
2. Penelitian ini tidak mensyaratkan pemeriksaan dan pengujian kerusakan jembatan di laboratorium.
3. Diasumsikan tidak ada muatan berlebih pada kendaraan yang melintas.
4. Kondisi bangunan bawah jembatan masih dalam kondisi yang baik (berdasarkan data kondisi jembatan P2JN Provinsi Sumatera Selatan dari tahun 2012-2014), sehingga penelitian ini dilakukan terhadap bangunan atas jembatan saja.
5. Penelitian ini disimulasikan selama 5 (lima) tahun mulai dari tahun 2015 sampai dengan 2019.
6. Perhitungan biaya pemeliharaan jembatan menggunakan Pedoman Analisa Harga Satuan (PAHS) dari Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan indikator apa saja yang menjadi indikator utama dalam menentukan kinerja jembatan.
2. Menentukan kondisi kinerja jembatan saat ini.
3. Menganalisis prediksi kondisi jembatan selama 5 tahun mendatang dengan simulasi rantai markov.
4. Menentukan besarnya estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan selama 5 tahun mendatang.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah diharapkan akan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan kepada Satker Pelaksanaan Jalan dan Jembatan Nasional Kota Palembang dalam rangka penyusunan kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan apabila digunakan sistem Kontrak Berbasis Kinerja (KBK).

1.6 Lokasi dan Waktu Penelitian

Jembatan yang menjadi objek penelitian adalah jembatan Musi II yang merupakan jenis jembatan Rangka Baja Australia (RBA). Jembatan Musi II ini berlokasi pada Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan. Sedangkan waktu penelitian kurang lebih 11 (sebelas) bulan yang akan dilaksanakan pada bulan September 2014 sampai Juli 2015.

1.7 Sistematika Penelitian

Dalam menjawab permasalahan pada tesis ini, maka disusun mengikuti sistematika sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

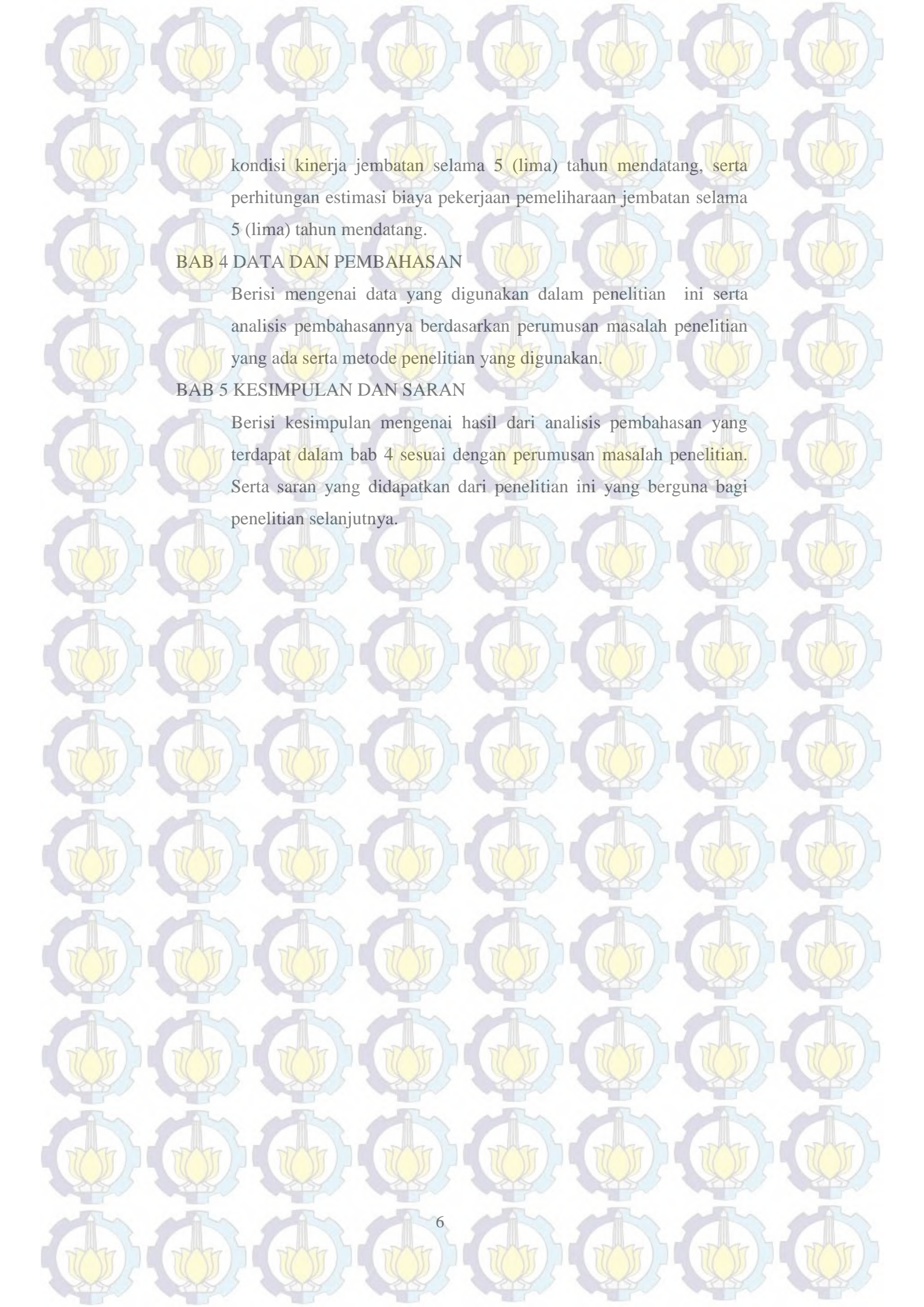
Berisi mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, serta sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi mengenai dasar teori yang digunakan dalam analisis terhadap penelitian ini. Dasar teori ini meliputi tinjauan mengenai jembatan, jembatan rangka baja, Kontrak Berbasis Kinerja (KBK), serta teori rantai markov

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi mengenai tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian ini yang meliputi tata cara dalam penentuan studi literatur, pengumpulan data, serta tahapan dalam menjawab rumusan masalah penelitian yang ada seperti penyusunan indikator utama kinerja jembatan, penentuan kondisi kinerja jembatan saat ini, penyusunan prediksi



kondisi kinerja jembatan selama 5 (lima) tahun mendatang, serta perhitungan estimasi biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan selama 5 (lima) tahun mendatang.

BAB 4 DATA DAN PEMBAHASAN

Berisi mengenai data yang digunakan dalam penelitian ini serta analisis pembahasannya berdasarkan perumusan masalah penelitian yang ada serta metode penelitian yang digunakan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan mengenai hasil dari analisis pembahasan yang terdapat dalam bab 4 sesuai dengan perumusan masalah penelitian. Serta saran yang didapatkan dari penelitian ini yang berguna bagi penelitian selanjutnya.

BAB 4

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Jembatan Musi II ini merupakan jembatan dengan bangunan atas berjenis Rangka Baja Australia (RBA) yang berada di jalan Mayjend Yusuf Singadekane Kota Palembang. Jembatan Musi II berfungsi sebagai penghubung lalu lintas darat antara daerah Ulu dan Ilir di Kota Palembang. Jembatan ini terbagi menjadi 10 (sepuluh) bentang dengan 1 (satu) bentang utamanya sepanjang 101,6 meter.

Dalam pembahasan pada penelitian ini terbagi berdasarkan masing-masing rumusan masalah yang terdapat pada bab pendahuluan. Data inventaris jembatan ini disajikan seperti pada Tabel 4.1. Data inventaris jembatan adalah data mengenai keseluruhan jembatan. Data inventaris jembatan ini meliputi data teknis mengenai dimensi jembatan dan jenis tiap bagian jembatan serta data umum jembatan seperti nomor dan status jembatan.

4.2. Penyusunan Indikator Utama Kinerja Jembatan

Indikator kinerja jembatan digunakan sebagai tolok ukur tercapainya persyaratan mutu layanan pada sebuah kontak pemeliharaan jembatan yang dilakukan dengan jenis Kontrak Berbasis Kinerja (KBK). Persyaratan mutu layanan pada jembatan ini dapat dilihat pada Tabel 2.6. Penyusunan indikator kinerja jembatan yang ada dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan histori kerusakan jembatan yang terjadi dan terekam dalam laporan hasil survey detail jembatan tiap tahunnya.

Tabel 4.5 Ceklist Persyaratan Mutu Layanan Jembatan Musi II Palembang

Pengindikasi Kinerja	Mutu Pelayanan	Tenggang Waktu Perbaikan atau Toleransi yang Dijinkan	Kondisi Lapangan	Kode Kerusakan
3.1 Bangunan Atas				
3.1.1 Pelat Lantai				
Beton	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Rontok	Maksimum 14 hari	X	
	Keropos	Maksimum 14 hari	X	
	Mutu beton	Maksimum 28 hari	X	
	Rembesan air	Maksimum 7 hari	X	
	Retak	Maksimum 14 hari	Retak pada pelat lantai kendaraan	202
	Karat pada tulangan	Maksimum 21 hari	X	
	Pelapukan	Maksimum 14 hari	X	
	Gompal atau pecah	Maksimum 14 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	
3.1.2 Gelagar				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 14 hari	X	
	Karat	Maksimum 14 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 21 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	
3.1.3 Diafragma				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 14 hari	X	
	Karat	Maksimum 21 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 21 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	

Tabel 4.5 Ceklist Persyaratan Mutu Layanan Jembatan Musi II Palembang
(lanjutan)

Pengindikasi Kinerja	Mutu Pelayanan	Tenggang Waktu Perbaikan atau Toleransi yang Diiijinkan	Kondisi Lapangan	Kode Kerusakan
3.1.4 Rangka				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 14 hari	X	
	Karat	Maksimum 21 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 21 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	
	Baut longgar	Maksimum 21 hari	X	
3.1.5 Perletakan				
Karet	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Deformasi	Maksimum 21 hari	X	
	Pecah dan belah	Maksimum 14 hari	X	
	Mortar dasar retak	Maksimum 14 hari	X	
3.1.6 Expansion Joint				
Karet	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Tidak sama tinggi	Maksimum 7 hari	X	
	Longgar	Maksimum 7 hari	adanya bagian expansion joint yang longgar	803
	Ikatan lepas	Maksimum 7 hari	X	
	Hilang	Maksimum 7 hari	X	
3.1.7 Lapis Permukaan				
Aspal	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Licin	Maksimum 7 hari	X	
	Kasar	Maksimum 7 hari	X	
	Retak	Maksimum 7 hari	Retak pada aspal akibat pergerakan expansion joint	806
	Berlubang	Maksimum 7 hari	X	
	Bergelombang	Maksimum 7 hari	Aspal bergelombang	723

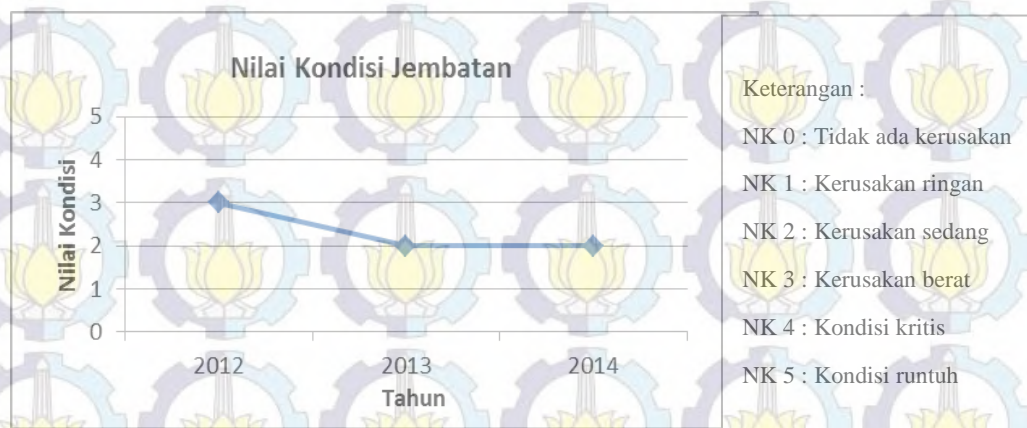
Tabel 4.5 Ceklist Persyaratan Mutu Layanan Jembatan Musi II Palembang
(lanjutan)

Pengindikasi Kinerja	Mutu Pelayanan	Tenggang Waktu Perbaikan atau Toleransi yang Dijinkan	Kondisi Lapangan	Kode Kerusakan
3.1.8 Trotoar				
Beton	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Gompal atau pecah	Maksimum 7 hari	X	
	Retak	Maksimum 7 hari	X	
	Karat pada tulangan	Maksimum 7 hari	X	
3.1.9 Sandaran				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 7 hari	X	
	Karat	Maksimum 7 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 7 hari	Adanya sandaran yang rusak	305
	Hilang	Maksimum 7 hari	X	

Tanda silang (X) yang terdapat pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa persyaratan mutu layanan jembatan untuk bagian tersebut telah terpenuhi. Berdasarkan Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang saat ini masih belum tercapai dengan baik hal ini dapat dilihat bahwa terdapat beberapa persyaratan terhadap mutu layanan jembatan yang belum terpenuhi dengan terdapatnya kerusakan pada bagian jembatan seperti pelat lantai, expansion joint, lapis permukaan, serta trotoar dan sandaran jembatan yang merupakan bagian pelengkap jembatan. Ceklist berdasarkan Tabel 4.5 ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan mengenai besar estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan berdasarkan prediksi kondisi kinerja jembatan pada indikator utama jembatan serta pemenuhan terhadap persyaratan mutu layanan jembatan ini agar kinerja jembatan dapat tercapai dengan baik.

4.4. Prediksi Kondisi Kinerja Jembatan Selama 5 Tahun Mendatang

Kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang mengalami perubahan dari tahun ke tahunnya. hal ini disebabkan karena beberapa hal seperti penurunan kondisi jembatan dan juga pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan terhadap jembatan tersebut. Perubahan kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang dapat dilihat pada Gambar 4.2 dengan penjelasan mengenai Nilai Kondisi (NK) terdapat pada Subbab 2.2.4 mengenai penilaian kondisi jembatan.



Gambar 4.2 Grafik Perubahan Nilai Kondisi Jembatan Musi II Palembang

Pada Gambar 4.2 menunjukkan peningkatan nilai kondisi jembatan Musi II Palembang dari tahun 2012-2013. Peningkatan nilai kondisi ini dapat dilihat dengan nilai jembatan yang lebih kecil pada tahun 2013 dibandingkan dengan tahun 2012. Sedangkan pada tahun 2014 tidak terdapat perubahan nilai kondisi jembatan apabila dibandingkan dengan tahun 2013. Perbedaan perubahan nilai kondisi jembatan Musi II ini dipengaruhi oleh perbedaan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada waktu tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 mengenai jenis dan besar biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang selama tahun 2012 sampai dengan 2014.

Tabel 4.6 Jenis dan Besar Biaya Pemeliharaan Jembatan Musi II Palembang

Keterangan	Tahun Pemeliharaan		
	2012	2013	2014
Jenis Pemeliharaan	Berkala	Rutin	Berkala
Total Biaya Pemeliharaan	Rp 2.400.643.751	Rp 267.300.000	Rp 3.062.608.792
Rincian :			
DIV 1 Umum	Rp 58.580.000	-	Rp 43.333.000
DIV 3 Beton	Rp 878.020.258	-	Rp 2.547.804.718
Cairan Perekat (Epoxy Resin)	Rp 41.526.029	-	Rp 345.760.722
Bahan Penutup (Sealant)	Rp 57.858.611	-	Rp 418.860.542
Alat Penyuntik Anti Gravitasi	Rp 228.816.866	-	Rp 1.658.303.949
Penambalan dengan cara grouting - Furnished	Rp 549.818.752	-	Rp 116.642.096
DIV 4 Struktur Baja	Rp 1.245.803.152	-	-
Pengecatan pada Rangka Baja Galvanis den	Rp 954.587.828	-	-
Sand Blasting	Rp 110.166.237	-	-
DIV 8 Perlengkapan Jembatan	Rp -	-	Rp 193.052.093
Penggantian Elastomer Strip	-	-	-
Penggantian Expansion Joint	-	-	-
Marka Jalan Termoplastik	-	-	Rp 61.876.002
DIV 11 Pekerjaan Rutin	-	-	Rp 399.496.694
Pemeliharaan Rutin Jembatan	-	-	Rp 220.320.000
Sand Blasting	-	-	Rp 179.176.694

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

Jenis dan besar pekerjaan pemeliharaan jembatan pada tiap tahunnya yang terdapat pada Tabel 4.6 berpengaruh terhadap hasil nilai kondisi jembatan pada Gambar 4.2. Dimana pada Tabel 4.6 disebutkan bahwa pada tahun 2012 dilakukan pemeliharaan jembatan secara berkala dengan beberapa macam pekerjaan mayor terhadap jembatan, seperti penambalan dengan grouting serta pengecatan rangka baja dengan galvanis, sehingga mengakibatkan nilai kondisi jembatan naik dari NK 3 (tiga) pada tahun 2012 menjadi NK 2 (dua) pada tahun 2013. Sedangkan pada tahun 2013 jenis pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan rutin jembatan sehingga mengakibatkan tidak adanya kenaikan nilai kondisi jembatan yaitu dari NK 2 (dua) pada tahun 2013 tetap menjadi NK 2 (dua) pada tahun 2014.

Kontrak pekerjaan pemeliharaan jembatan dengan menggunakan sistem KBK merupakan kontrak pekerjaan yang waktu pelaksanaannya lebih dari satu tahun. Dalam latar belakang masalah penulis telah dituliskan mengenai lama waktu kontrak pekerjaan pemeliharaan jembatan, yaitu selama 5 (lima) tahun.

Sebelum menentukan perkiraan biaya kebutuhan pemeliharaan jembatan yang dibutuhkan, maka perlu untuk memprediksi bagaimana kondisi jembatan pada masa mendatang selama masa kontrak itu berlangsung. Dan prediksi kondisi

pada tiap indikator kinerja yang telah ditetapkan dalam penelitian ini menggunakan proses rantai markov.

Analisis rantai markov digunakan untuk mengetahui bagaimana kondisi kinerja jembatan di masa mendatang. Indikator kinerja yang digunakan dalam analisis rantai markov ini disesuaikan dengan adanya kerusakan jembatan yang berhubungan dengan struktur jembatan yang pernah terjadi pada jembatan Musi II Palembang, seperti yang telah disebutkan pada Tabel 4.3 mengenai pengelompokan jenis kerusakan jembatan, yaitu keretakan beton pada lantai kendaraan (kode kerusakan 202), serta kondisi lapisan perkerasan yang bergelombang (kode kerusakan 723) dan keretakan lapisan perkerasan karena pergerakan pada expansion joint (kode kerusakan 806). Sedangkan untuk kerusakan jembatan dari Tabel 4.5 yang tidak berhubungan dengan struktur jembatan atau yang sifatnya sebagai pelengkap jembatan, tidak dilakukan analisis rantai markovnya. Namun tetap akan dihitung biaya pemeliharaannya dengan dimasukkan sebagai biaya penunjang pemeliharaan jembatan tiap tahunnya. Penentuan prediksi kondisi kinerja utama jembatan dalam penelitian ini meliputi:

- Penentuan Vektor Probabilitas
- Penentuan Matrik Probabilitas Transisi
- Penentuan Prediksi Kondisi dengan Rantai Markov

4.4.1. Penentuan Vektor Probabilitas

Berdasarkan hasil penentuan kinerja utama jembatan dari Sub Bab 4.2 diperoleh 3 (tiga) jenis indikator kinerja utama jembatan yaitu keretakan beton pada lantai kendaraan (kode kerusakan 202), serta kondisi lapisan perkerasan yang bergelombang (kode kerusakan 723) dan keretakan lapisan perkerasan karena pergerakan pada expansion joint (kode kerusakan 806). Indikator kinerja utama jembatan ini selanjutnya akan diprediksi mengenai kondisi kinerjanya pada masa mendatang dengan analisis rantai markov ini.

Untuk penentuan vektor probabilitas ini, dianggap bahwa kondisi kinerja masing-masing indikator kinerja apabila terpenuhi secara keseluruhan apabila tidak terdapat kerusakan adalah 1. Dan vektor probabilitas yang digunakan

merupakan vektor probabilitas dengan 2 (dua) kondisi yaitu kondisi rusak dan baik seperti yang terdapat pada Persamaan (2.1). Apabila terdapat kerusakan pada indikator kinerja tersebut maka kuantitas kerusakannya akan dihitung berapa besar bagian kerusakannya terhadap keseluruhan indikator kinerja jembatan tersebut.

$$\text{Vektor probabilitas} = [\text{baik} \quad \text{rusak}] \quad (4.1)$$

Kondisi aktual ini merupakan kondisi yang terjadi pada masa sekarang terhadap indikator kinerja jembatan yang telah ditetapkan.. Kondisi aktual dapat terukur dari besarnya kerusakan yang terjadi pada masing-masing indikator kinerja jembatan. Selanjutnya, dari kondisi aktual masing-masing indikator kinerja jembatan ini akan diperoleh masing-masing vektor probabilitasnya. Pada penentuan vektor probabilitas ini digunakan data survey jembatan yang terakhir dilakukan yaitu survey jembatan Musi II Palembang semester ke 2 yang dilakukan pada bulan September 2014. Pada Tabel 4.7 disajikan mengenai data terakhir mengenai kuantitas kerusakan jembatan yang terjadi pada tiap indikator kinerja jembatan Musi II Palembang.

Tabel 4.7 Data Kuantitas Kerusakan pada Indikator Kinerja Jembatan Tahun 2014

kode indikator kinerja	kerusakan	
	kuantitas	satuan
202	5	m ²
723	3,5	m ²
806	7	m ²

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

Selanjutnya dari data kuantitas kerusakan tiap indikator kinerja dari Tabel 4.7 akan dicari mengenai bagian kondisi rusak tersebut. Dimana bagian kerusakannya merupakan jumlah bagian yang rusak dibagi dengan luas area indikator kinerja seperti Persamaan (4.2) berikut ini.

$$\text{bagian rusak} = \text{jumlah kerusakan} / \text{luas area} \quad (4.2)$$

Dimana luas area tiap indikator kinerja berbeda-beda. Untuk indikator kinerja keretakan beton lantai kendaraan (kode 202) luas areanya meliputi panjang jembatan dikalikan dengan lebar jembatan seperti yang terdapat pada Persamaan (4.3). Sedangkan untuk indikator kinerja yang berada pada area perkerasan jalan seperti permukaan aspal yang bergelombang (kode 723) dan keretakan aspal pada daerah ekspansi join (kode 806) luas areanya merupakan luas perkerasan jalan yaitu panjang jembatan dikalikan dengan lebar jalan seperti pada Persamaan (4.4). Dimana data mengenai dimensi lebar dan panjang baik jembatan maupun perkerasan jalan pada jembatan Musi II ini dapat dilihat pada Tabel 4.1. Sehingga didapatkan luas area untuk tiap indikator kinerja utama jembatan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas lantai kendaraan} &= p_{\text{jemb}} \times l_{\text{jemb}} \quad (4.3) \\ &= 534,6 \times 9 \\ &= 4811,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas perkerasan jalan} &= p_{\text{jemb}} \times l_{\text{jalan}} \quad (4.4) \\ &= 534,6 \times 7 \\ &= 3742,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga dari Tabel 4.7 dan hasil dari Persamaan (4.3) dan Persamaan (4.4) dengan menggunakan Persamaan (4.2) akan diperoleh presentase kerusakan pada tiap indikator kinerja utama jembatan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{rusak kode 202} &= \text{jumlah kerusakan} / \text{luas lantai jembatan} \\ &= 5 \text{ m}^2 / 4811,4 \text{ m}^2 \\ &= 0,001039 = 0,1 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{rusak kode 723} &= \text{jumlah kerusakan} / \text{luas perkerasan jalan} \\ &= 3,5 \text{ m}^2 / 3742,2 \text{ m}^2 \\ &= 0,000935 = 0,09 \% \end{aligned}$$

rusak kode 723

= jumlah kerusakan / luas perkerasan jalan

$$= 7 \text{ m}^2 / 3742,2 \text{ m}^2$$

$$= 0,00187 = 0,187 \%$$

Hasil dari perhitungan presentase kondisi masing-masing indikator kinerja utama jembatan ini secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.8. Dimana nilai kondisi baik pada tiap indikator kinerja di Tabel 4.8 ini merupakan selisih dari 1 dengan nilai kondisi rusak yang terjadi pada tiap indikator kinerja jembatan.

Tabel 4.8 Nilai Kondisi Aktual Indikator Kinerja

kode indikator kinerja	kerusakan		total area		Kondisi rusak	Kondisi baik
	kuantitas	satuan	kuantitas	satuan		
202	5	m2	4811,4	m2	0,0010392	0,998961
723	3,5	m2	3742,2	m2	0,0009353	0,999065
806	7	m2	3742,2	m2	0,0018706	0,998129

Sumber : Hasil Perhitungan

Selanjutnya dari hasil nilai kondisi baik dan rusak pada tiap indikator utama jembatan dari Tabel 4.8 akan dibentuk suatu vektor probabilitas seperti pada Persamaan (4.1). Sehingga akan dihasilkan vektor probabilitas untuk tiap indikator kinerja utama jembatan seperti yang terdapat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Vektor Probabilitas Aktual Indikator Kinerja

kode indikator kinerja	vektor probabilitas
202	[0,999 0,001]
723	[0,999 0,001]
806	[0,998 0,002]

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.2. Penentuan Matrik Probabilitas Transisi

Matrik probabilitas transisi merupakan matrik yang nantinya akan berpengaruh terhadap perubahan kondisi kinerja, dalam hal ini adalah kondisi kinerja jembatan. Matrik probabilitas transisi berisikan mengenai perubahan kondisi kinerja jembatan dari tahun ke tahun. Perubahan kondisi ini diantaranya disebabkan oleh adanya kegiatan pemeliharaan jembatan yang dilakukan sehingga menaikkan tingkat kinerja jembatan. Selain itu, penurunan kondisi jembatan sendiri yang diakibatkan oleh fungsi waktu juga tidak dapat diabaikan seperti yang ada pada kurva *deterioration model* pada BMS. Penurunan kondisi jembatan ini dapat dilihat dari laju kerusakan yang terjadi pada jembatan. Sehingga analisis ini menggunakan 2 (dua) macam matrik probabilitas transisi, yaitu Matrik Probabilitas Transisi kegiatan pemeliharaan (P_p) dan Matrik Probabilitas Transisi kerusakan (P_k). Dalam penulisan ini perubahan kondisi yang dianalisis adalah kondisi jembatan Musi II Palembang selama 3 tahun yaitu 2012-2013-2014.

A. Matrik Probabilitas Transisi terhadap Kerusakan Jembatan

Berdasarkan pengelompokan kriteria kondisi yang ditetapkan sebelumnya pada masing-masing indikator kinerja jembatan, yaitu kondisi baik dan rusak, maka matrik probabilitas transisinya adalah matrik yang berukuran 2×2 . Hal ini disesuaikan dengan peluang masing-masing perubahan yang mungkin terjadi dari 2 (dua) kriteria kondisi yang ada yaitu 4 (empat) jenis perubahan/transisi. Masing-masing kriteria kondisi (baik dan rusak) sama sama memiliki peluang untuk berubah atau tetap. Sehingga tiap kriteria tersebut memiliki total kemungkinan berubah atau bertransisi sebanyak 100% atau 1. Perubahan kondisi indikator kinerja jembatan digambarkan pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Diagram Perpindahan Kondisi Indikator Kinerja Utama Jembatan

Tabel 4. 1 Data Inventaris Jembatan Musi II

Nama Jembatan	: Air Musi II
Nama Ruas Jalan	: Jl. Mayjend Yusuf Singadekane
Kota/Provinsi	: Palembang / Sumatera Selatan
No. Jembatan	: 15.006.002.0 15
Status Jembatan	: Nasional
Jenis Jembatan	: Rangka Baja Australia (RBA)
Tipe Lintasan	: Sungai
Batas Muatan Gandar	: 10 ton
Tahun Pembangunan	: -
Panjang Jembatan	: 534,6 m
Lebar Jembatan	: 9 m
Lebar Perkerasan	: 7 m (2/2 UD)
Lebar Trotoar	: 2 m
Jumlah Bentang	: 10 bentang
Panjang Bentang	: 31,7 m : 31,7 m : 61,6 m : 61,6 m : 101,6 m (bentang utama) : 61,6 m : 61,7 m : 61,7 m : 30,7 m : 30,7 m

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

4.2.1. Klasifikasi Tipe Kerusakan Jembatan

Data kerusakan jembatan yang terjadi terekam dalam program *Bridge Management System* (BMS). Data kerusakan jembatan ini meliputi waktu survey, jenis kerusakan, kode kerusakan, lokasi serta besar atau jumlah kerusakan.

Sedangkan untuk data kerusakan jembatan yang diperoleh mulai tahun 2012 sampai dengan tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

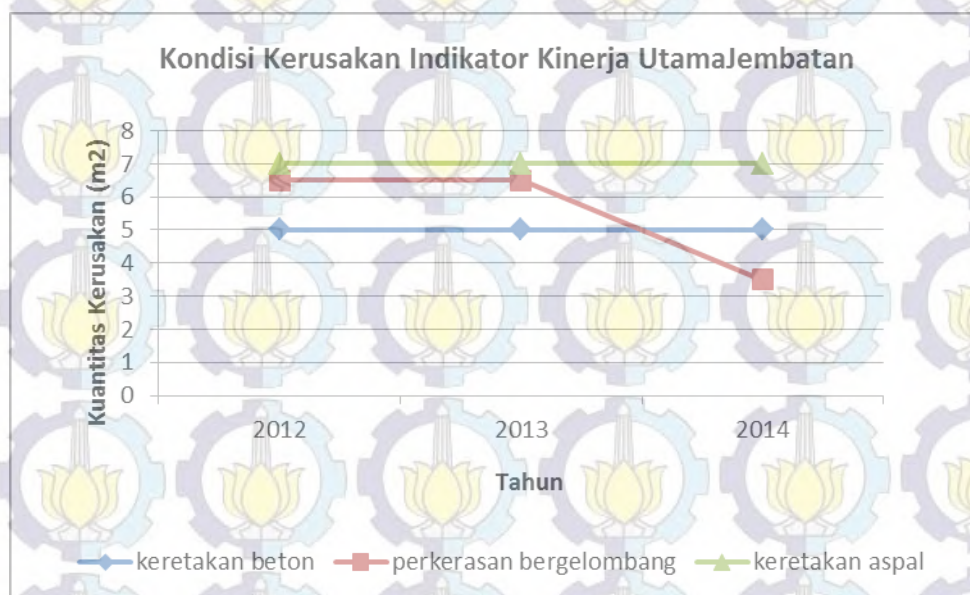
Berdasarkan ilustrasi yang terdapat pada gambar diagram transisi pada Gambar 4.3, maka dapat diambil 4 macam perubahan yang mungkin terjadi dari kedua kondisi tersebut. Perubahan yang mungkin terjadi sesuai dengan notasi angkanya adalah sebagai berikut :

1. Dari kondisi baik (A) menjadi tetap baik (A)
2. Dari kondisi baik (A) menjadi rusak (B)
3. Dari kondisi rusak (B) menjadi baik (A)
4. Dari kondisi rusak (B) menjadi tetap rusak (B)

Dari peluang perubahan di atas, maka dapat diperoleh matrik transisi seperti berikut.

$$P_k = \begin{bmatrix} AA & AB \\ BA & BB \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Dalam penentuan matrik probabilitas transisi terhadap laju kerusakan (P_k), data inventory terhadap kerusakan jembatan yang digunakan adalah data survey BMS seperti yang terdapat pada Tabel 4.2. Berdasarkan data tersebut maka akan didapatkan besarnya kuantitas masing-masing kerusakan pada indikator kinerja utama jembatan seperti yang digambarkan pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Kuantitas Kerusakan Indikator Kinerja Utama Jembatan

Tabel 4. 2 Data Histori Kerusakan Jembatan Musi II

Tahun	Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Lokasi	Jumlah
2012	803	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	B5	3,5 m
	202	Retak	B1	
	202	Retak	B2	
	202	Retak	B3	
	202	Retak	B4	
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B1	3 m ²
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B6	3,5 m ²
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B5	7 bh
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B2	6 bh
	806	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	B4	7 m
	305	Komponen yang rusak atau hilang	B3	5 m
	901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran		534,6 m
	912	Bagian hilang atau tidak ada		1 bh
2013	803	Bagian yang longgar	B5	3,5 m
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B1	3 m ²
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B6	3,5 m ²
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B2	6 bh
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B3	8 bh
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B5	7 bh
	806	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	B4	7 m

Tabel 4.2 Data Histori Kerusakan Jembatan Musi II (lanjutan)

Tahun	Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Lokasi	Jumlah
	305	Komponen yang rusak atau hilang	B3	5 m
	901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran		534,6 m
	912	Bagian yang hilang atau tidak ada		1 bh
2014	803	Lepasnya ikatan	B6	3,5 m
	202	Retak	B1,B2,B3, B4	
	202	Retak	B3	5 m ²
	723	Lapisan permukaan yang bergelombang	B1,B6	3,5 m ²
	711	Pipa cucuran/drainase lantai tersumbat	B2,5	13 bh
	806	Retak aspal pada sambungan yang bergerak	B4	7 m
	305	Komponen yang rusak/hilang	B3	5 m
	912	Bagian yang hilang atau tidak ada	A1	1 bh

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

Kerusakan tersebut tersebar pada bentang-bentang jembatan Musi II. Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa kerusakan jembatan yang terjadi pada jembatan Musi II yang terdata mulai tahun 2012 sampai tahun 2014 terdiri dari 8 jenis kerusakan yaitu sebagai berikut :

1. Bagian yang longgar / lepasnya ikatan
2. Retak (pada elemen beton)
3. Lapisan perkerasan yang bergelombang
4. Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat
5. Retak pada aspal karena pergerakan expansion joint
6. Komponen yang rusak atau hilang
7. Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran
8. Bagian yang hilang atau tidak ada

Dalam penelitian ini, indikator kinerja jembatan yang akan digunakan pada penerapannya pada Kontrak Berbasis Kinerja (KBK) akan dikelompokkan ke dalam 2 (dua) jenis yaitu indikator yang berhubungan dengan bagian struktur jembatan dan indikator yang berhubungan dengan bagian pelengkap jembatan. Berdasarkan atas jenis kerusakan jembatan yang seringkali muncul pada hasil survey jembatan, maka hasil pengelompokannya adalah seperti yang terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengelompokan Jenis Kerusakan Jembatan

	Jenis Kerusakan	Kode Kerusakan
Kerusakan Struktur Jembatan	Retak	202
	Lapisan perkerasan yang bergelombang	723
	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	806
Kerusakan Pelengkap Jembatan	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	711
	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	803
	Komponen yang rusak atau hilang	305
	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran	901
	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	912

Sumber : Hasil Analisis

4.2.2. Analisis Pareto Kerusakan Jembatan

Berdasarkan data kerusakan jembatan yang terdapat pada Tabel 4.2, maka dapat dilihat jumlah dan presentase masing-masing kejadian kerusakan terhadap seluruh kerusakan yang ada. Adapun tabel frekuensi kejadian kerusakan masing-masing tipe kerusakan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

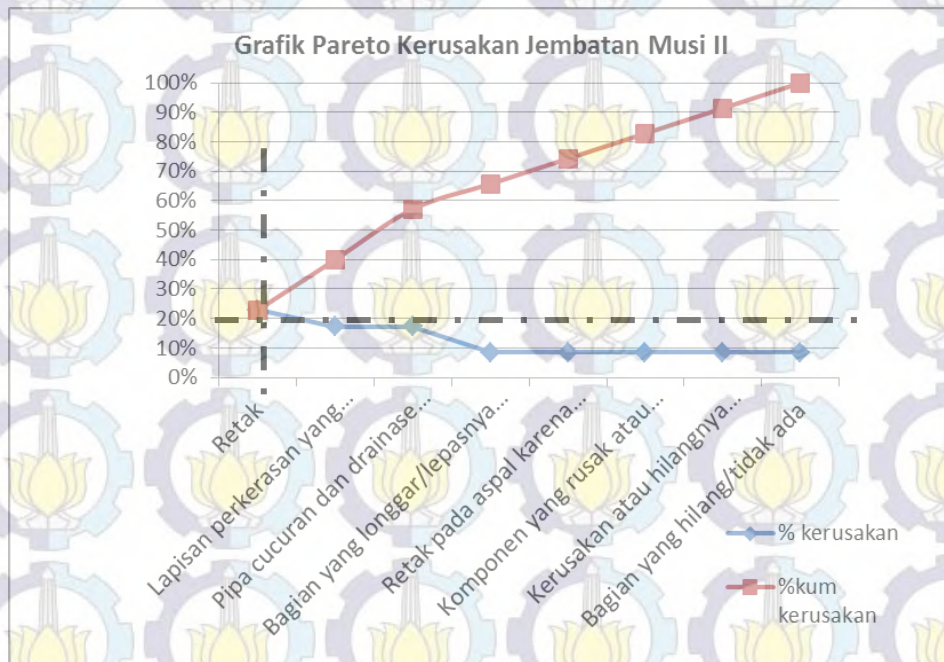
Tabel 4.4 Frekuensi Kejadian Masing-Masing Kerusakan Jembatan

No	Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Frekuensi Kejadian	%	% Kumulatif
1	202	Retak	8	22,86%	22,86%
2	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	6	17,14%	40,00%
3	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	6	17,14%	57,14%
4	803	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	3	8,57%	65,71%
5	806	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	3	8,57%	74,29%
6	305	Komponen yang rusak atau hilang	3	8,57%	82,86%
7	901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran	3	8,57%	91,43%
8	912	Bagian yang hilang/tidak ada	3	8,57%	100,00%
		TOTAL	35	100%	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan frekuensi atau banyaknya kejadian masing-masing kerusakan jembatan dari tahun 2012 sampai tahun 2014 yang terjadi dapat diperoleh informasi bahwa jenis kerusakan jembatan pada jembatan Musi II yang paling sering muncul adalah jenis kerusakan jembatan dengan kode 202 yaitu kerusakan retak pada elemen beton lantai kendaraan sebanyak 22,86% dari keseluruhan kerusakan jembatan yang ada.

Dari frekuensi kejadian kerusakan jembatan yang ada pada Tabel 4.4, selanjutnya akan dicari jenis kerusakan yang dapat dianggap mewakili dan menentukan kerusakan-kerusakan jembatan yang lain dengan analisis pareto. Dengan demikian dibutuhkan suatu grafik pareto mengenai jenis kerusakan jembatan Musi II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Pareto Kerusakan Jembatan Musi II

Berdasarkan grafik pareto pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa kerusakan retak dengan kode kerusakan 202 merupakan kerusakan yang dianggap mewakili terhadap beberapa kerusakan yang ada pada jembatan Musi II dikarenakan memiliki frekuensi kejadian sebanyak 22,86% yaitu lebih dari 20% . Sehingga indikator utama dalam penentuan kinerja jembatan dalam penelitian diambil dari hasil analisis pareto ini. Selain itu indikator kinerja yang terdapat pada bagian struktur jembatan seperti yang telah dikelompokkan pada Tabel 4.3 juga merupakan indikator utama dalam penentuan kinerja jembatan pada penelitian ini.

Sehingga berdasarkan Gambar 4.1 dan Tabel 4.3 diperoleh 3 (tiga) macam indikator utama dalam penentuan kinerja jembatan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- Keretakan beton lantai kendaraan (kode 202)
- Permukaan aspal yang bergelombang (kode 723)
- Keretakan aspal di daerah ekspansi join (kode 806)

4.3. Penentuan Kondisi Kinerja Jembatan Saat ini

Kondisi terhadap Jembatan Musi II ini dipantau secara rutin oleh Direktorat Jenderal Bina Marga selaku pemegang wewenang atas jembatan yang ada di Indonesia. Dalam hal ini Direktorat Jenderal Bina Marga diwakili oleh Satuan Kerja yang ada di Kota Palembang. Berdasarkan data terakhir yang diperoleh dari instansi tersebut, menyebutkan bahwa pada saat inspeksi bulan Februari tahun 2014 secara umum Jembatan Musi II berada pada kondisi 2. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa Jembatan Musi II berada pada kondisi rusak ringan.

Menurut pembahasan mengenai KBK untuk kontrak pemeliharaan dalam NCHRP (*National Cooperative Highway Research Program*) Synthesis 389, yang membedakan KBK dengan kontrak jenis lain adalah penyedia jasa akan dibayar sesuai dengan hasil yang dicapai, bukan berdasarkan metode kerjanya. Sehingga pihak pengguna jasa perlu untuk membuat suatu tolak ukur terhadap hasil yang ingin dicapai atau diharapkan dari penyedia jasa.

Dalam kaitannya mengenai tolak ukur kinerja yang ingin dicapai pada kontrak pekerjaan pemeliharaan jembatan, sebagai pengguna jasa dalam pekerjaan pemeliharaan jembatan di Indonesia, Direktorat Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum telah mengembangkan suatu model implementasi KBK dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan dan jembatan di Indonesia. Hasil dari pengembangan model tersebut diantaranya adalah adanya persyaratan mutu layanan jembatan. Persyaratan mutu layanan jembatan ini merupakan suatu tolak ukur kinerja yang diharapkan oleh pihak direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum sebagai pengguna jasa terhadap penyedia jasa yang melakukan kontrak pekerjaan dengan jenis Kontrak Berbasis Kinerja (KBK).

Persyaratan mutu layanan jembatan diberlakukan pada masing-masing bagian pada tiap elemen jembatan. Kondisi kinerja jembatan diukur berdasarkan persyaratan mutu layanan jembatan yang telah ditentukan. Pihak penyedia jasa seharusnya menerapkan persyaratan mutu layanan jembatan tersebut agar kinerja jembatan yang dihasilkan baik. Apabila persyaratan mutu layanan jembatan belum dapat terpenuhi maka dapat dikatakan kondisi kinerja jembatan masih belum baik.

Persyaratan mutu pelayanan jembatan berdasarkan Tabel 2.6 menyebutkan kerusakan-kerusakan yang perlu dihindari pada tiap-tiap bagian jembatan serta

tenggang waktu lamanya waktu perbaikan yang diijinkan. Berdasarkan tenggang waktu yang diijinkan untuk waktu perbaikan ini, idealnya pemeriksaan terhadap kondisi jembatan perlu dilakukan tiap harinya oleh pengguna jasa. Dengan demikian apabila terjadi kerusakan pada bagian-bagian tertentu jembatan maka kerusakan tersebut dapat segera diperbaiki. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga kinerja jembatan agar tetap dapat memenuhi persyaratan mutu layanan jembatan yang ditetapkan.

Dalam penentuan kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang berdasarkan penggunaannya pada Kontrak Berbasis Kinerja, penulis mencoba untuk mencocokkan kondisi jembatan di lapangan dengan persyaratan mutu layanan jembatan yang ada. Tiap kerusakan yang terjadi pada jembatan yang terdapat pada hasil survey pada Tabel 4.2 akan dicocokkan terhadap pemenuhan persyaratan mutu layanan jembatan. Hasil survey jembatan yang digunakan adalah hasil survey detail jembatan Musi II Palembang yang terbaru yaitu data tahun 2014. Dengan demikian dapat diperoleh informasi mengenai kondisi jembatan Musi II Palembang berdasarkan kinerjanya. Ceklist kesesuaian antara kondisi lapangan di jembatan Musi II Palembang dengan persyaratan mutu layanan jembatan Musi II Palembang disajikan pada Tabel 4.5 berikut ini.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini secara garis besar terdiri dari studi literatur mengenai Kontrak Berbasis Kinerja (KBK); proses rantai markov; serta tata cara penyusunan anggaran, pengumpulan data (data sekunder), identifikasi jenis-jenis kerusakan jembatan, menganalisa prediksi kerusakan jembatan sampai tahun ke 5, melakukan perhitungan terhadap estimasi kebutuhan biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan selama 5 tahun, serta kesimpulan dan saran.

3.2. Tahapan Penelitian

Tujuan akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah perhitungan estimasi kebutuhan biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan selama 5 tahun mulai dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2019. Penelitian ini mengambil studi kasus pada Jembatan Musi II yang ada di Kota Palembang. Oleh karena itu untuk mencapai tujuan tersebut, maka ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yakni seperti yang terdapat pada Gambar 3.1 yang menjelaskan mengenai tahapan dalam pembahasan permasalahan yang digambarkan melalui diagram alir penelitian.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian (lanjutan)

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan mengenai manual *Bridge Management System* (BMS) 1992 dari Kementerian Pekerjaan Umum, Kontrak Berbasis Kinerja (KBK), proses rantai markov, serta tata cara penyusunan anggaran yang digunakan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

3.2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data-data sekunder yang didapatkan dari Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, dalam hal ini adalah dari Satker Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Sumatera Selatan yang telah melakukan survey-survey terdahulu mengenai kondisi jembatan serta kondisi lingkungan disekitar jembatan. Serta Satker Pelaksanaan Jalan Nasional Kota Metropolitan Palembang yang telah melakukan pekerjaan fisik terhadap pemeliharaan jembatan nasional yang berada di Kota Palembang. Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini seperti yang terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kebutuhan Data untuk Penelitian

No	Jenis Data	Waktu	Sumber Data
1	Data Inventarisasi Jembatan Musi II		Satker P2JN Provinsi Sumsel
2	Data Kondisi Jembatan Musi II	2012-2014	Satker P2JN Provinsi Sumsel
3	Data Survey Detail Jembatan Musi II	2012-2014	Satker P2JN Provinsi Sumsel
4	Data Biaya & Jenis Pemeliharaan Jembatan Musi II	2012-2014	Satker PJN Metropolitan Palembang
5	Data Harga Satuan Pekerjaan	terbaru	Satker PJN Metropolitan Palembang
6	Data Suku Bunga Bank	2012-2014	Bank Indonesia

3.2.3 Menyusun Penentuan Indikator Kinerja Jembatan

Suatu jembatan dikatakan memiliki kondisi kinerja yang layak apabila indikator kinerjanya terpenuhi. Terdapat beberapa indikator yang dijadikan sebagai dasar penentuan kondisi jembatan. Diantaranya adalah seperti yang terdapat pada Tabel 2.6. Indikator-indikator ini meliputi kondisi fisik bangunan jembatan itu sendiri yang dapat diketahui melalui pemeriksaan atau survey terhadap jembatan, baik itu survey secara visual maupun survey dengan menggunakan alat atau test pada laboratorium.

Penyusunan indikator kinerja jembatan yang akan ditetapkan dalam penelitian ini dengan berdasarkan studi terhadap histori kerusakan serta kondisi yang terjadi pada tiap elemen jembatan pada tiap tahunnya berdasarkan data histori yang diperoleh untuk selanjutnya dianalisis menggunakan Pareto Analisis dan pengelompokan kerusakan jembatan berdasarkan studi terhadap BMS. Analisis Pareto adalah metode analisis berdasarkan pada konsep bahwa 20% dari variabel dalam analisis bertanggung jawab atas 80% dari hasil. Maksud dari 20% variabel dalam penelitian ini adalah 20% dari indikator kinerja yang paling sering muncul dalam penilaian kondisi jembatan.

Adapun tahapan dalam menyusun penentuan parameter kinerja jembatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah terdapat seperti pada Tabel 3.2. Untuk selanjutnya, berdasarkan hasil diagram pareto yang didapatkan, maka data 20% kerusakan jembatan yang paling sering muncul selama 3 tahun terakhir akan dijadikan bahan penentuan indikator kinerja jembatan pada penelitian ini. selain itu, hasil dari pengelompokan kerusakan yang terjadi pada jembatan juga digunakan sebagai dasar penentuan indikator kinerja jembatan pada penelitian ini.

Tabel 3.2 Penentuan Indikator Kinerja Jembatan

No	Jenis Kegiatan	Input	Proses	Output
1	Identifikasi indikator kinerja jembatan yang ada	Studi literatur jembatan dan BMS	Melakukan identifikasi indikator-indikator apa sajakah yang berpengaruh terhadap kinerja jembatan	Data indikator kinerja jembatan
2	Klasifikasi tipe kerusakan jembatan terjadi selama 3 tahun terakhir	Data kerusakan jembatan hasil survey detail jembatan selama 3 tahun terakhir	Melakukan klasifikasi/pengelompokan terhadap kerusakan-kerusakan jembatan yang ada selama 3 tahun terakhir	Data hasil klasifikasi tipe kerusakan jembatan yang ada selama 3 tahun terakhir
3	Mendaftar tipe kerusakan yang terjadi selama 3 tahun terakhir	Data hasil klasifikasi tipe kerusakan jembatan yang ada selama 3 tahun terakhir	Mendaftar data hasil tipe kerusakan beserta frekuensi, frekuensi kumulatif, serta presentase terjadinya kerusakan selama 3 tahun terakhir dimulai dari yang paling sering muncul	Tabel frekuensi munculnya kerusakan jembatan
4	Membuat diagram pareto	Tabel frekuensi munculnya kerusakan jembatan	Membuat diagram pareto berdasarkan hasil presentase kumulatif kerusakan jembatan. Dan menarik garis 80% pada presentase kumulatif untuk dipotongkan pada jenis kerusakan.	Data 20% kerusakan yang paling sering muncul

3.2.4 Menentukan Kondisi Kinerja Jembatan Saat Ini

Pada Tabel 2.6 disebutkan mengenai persyaratan mutu layanan jembatan yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Penentuan kondisi indikator kinerja jembatan pada penelitian ini berdasarkan atas pemenuhannya terhadap persyaratan mutu layanan jembatan tersebut. Pada persyaratan mutu layanan jembatan disebutkan mengenai indikator kinerja yang harus dicapai dalam rangka pemenuhan persyaratan mutu layanan jembatan untuk Kontrak Berbasis Kinerja (KBK). Dalam penelitian ini penulis menggunakan pedoman tersebut untuk menentukan kondisi indikator kinerja jembatan Musi II Palembang saat ini.

3.2.5 Menyusun Prediksi Kondisi Kinerja Jembatan Selama 5 Tahun Mendatang

Prediksi terhadap kondisi kinerja jembatan selama 5 tahun mendatang akan dianalisis dengan menggunakan proses rantai markov. Tujuannya dalam analisa ini adalah agar dapat diperoleh prediksi mengenai kondisi jembatan yang akan datang berdasarkan indikator kinerja yang digunakan. Sehingga, akan memudahkan dalam perhitungan estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan nantinya.

Analisis Markov (*Markov chains*) sebenarnya merupakan bentuk khusus dari model probabilistik yang lebih umum dan dikenal sebagai proses stokastik (*stochastic process*).

Analisis Markov adalah suatu bentuk metode kuantitatif yang digunakan untuk menghitung probabilitas perubahan-perubahan yang terjadi berdasarkan probabilitas perubahan selama periode waktu tertentu. Berdasarkan teori ini, maka probabilitas suatu system yang mempunyai kondisi tertentu sesudah waktu tertentu akan tergantung pada kondisi saat ini.

Suatu sistem akan mengalami laju kerusakan jika digunakan dalam jangka waktu tertentu. Dalam proses markov, laju kerusakan dari sistem ini dilambangkan dengan sebuah matrik yaitu Matrik Probabilitas Transisi (MPT). TPM ini merupakan probabilitas suatu sistem berubah kondisinya pada satuan waktu tertentu, dengan demikian tingkat kerusakan yang akan terjadi di masa mendatang dapat diprediksi. Adanya tindakan pemeliharaan yang dilakukan menyebabkan probabilitas transisinya akan berbeda. Suatu sistem akan kembali ke kondisi yang diinginkan sebesar μ . Pada Gambar 3.2 diilustrasikan mengenai proses terjadinya perubahan kondisi terhadap kerusakan jembatan dan pekerjaan pemeliharaannya.



Gambar 3.2 Ilustrasi Transisi Laju Kerusakan (λ) dan Transisi Pemeliharaan yang Dilakukan (μ)

Matrik Probabilitas Transisi (MPT) yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 (dua) macam yaitu MPT terhadap kondisi kinerja parameter jembatan (MPT kondisi) dan MPT terhadap pemeliharaan jembatan yang dilakukan (MPT pemeliharaan). Fungsi dari kedua MPT ini pun berbeda. MPT kondisi digunakan untuk memprediksi kondisi kinerja jembatan yang mungkin akan terjadi di masa mendatang. Sedangkan MPT pemeliharaan digunakan untuk memprediksi kegiatan pemeliharaan jembatan yang mungkin akan dilakukan pada masa mendatang. Hal ini nantinya akan terkait dengan kebutuhan biaya pemeliharaan tiap tahunnya yang perlu disediakan oleh pengguna jasa.

Adapun tahapan dalam analisis dengan rantai markov pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kondisi aktual jembatan berdasarkan parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai vektor probabilitas aktualnya (P). Kondisi ini diperoleh berdasarkan kondisi kerusakan yang terjadi pada tiap indikator kinerja yang ditentukan sebelumnya. Dimana kondisi kerusakan jembatan akan dimodelkan menjadi 2(dua) kondisi yaitu kondisi baik dan kondisi rusak. Sehingga vektor probabilitas aktualnya merupakan vektor 2 kondisi yaitu seperti persamaan di bawah ini.
$$P = [\text{kondisi baik} \quad \text{kondisi rusak}] \quad (2.1)$$
2. Menentukan Matrik Probabilitas Transisi (MPT). MPT yang digunakan adalah MPT untuk perubahan kondisi dan perubahan pekerjaan pemeliharaan jembatan. Berdasarkan vektor probabilitas aktual yang ada maka MPT yang dihasilkan merupakan MPT dengan 4(empat) probabilitas transisi yang ada.
3. Menentukan kondisi kinerja jembatan pada masing-masing parameter kinerja jembatan untuk tahun-tahun berikutnya dengan proses rantai markov. Proses markov menggunakan variabel vektor probabilitas sebagai obyek yang akan dilihat perubahan kondisinya. Sedangkan variabel Matrik Probabilitas Transisi (MPT) merupakan variabel yang

menentukan perubahan kondisi. Proses markov ini dilakukan pada setiap parameter kinerja yang akan diprediksi kondisinya.

4. Mengulang proses ini sampai pada tahun ke 5.

3.2.6 Menghitung Estimasi Biaya Pekerjaan Pemeliharaan Jembatan

Dari proses markov yang telah dilakukan sebelumnya akan didapatkan prediksi kondisi kinerja terhadap masing-masing indikator kinerja jembatan untuk tahun mendatang. Prediksi kondisi ini akan dijadikan sebagai bahan dalam penyusunan estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan pada tahun mendatang. Dikarenakan sistim kontrak yang akan disimulasikan pada penelitian ini merupakan sistim kontrak berbasis kinerja yang masa pemeliharaannya dilakukan selama 5 tahun, maka estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan pun dihitung selama 5 tahun yaitu mulai dari tahun 2015 sampai dengan 2019.

Alat bantu yang digunakan dalam penyusunan analisis kebutuhan biaya jembatan Musi II Palembang ini adalah standart penyusunan biaya yang dikeluarkan oleh Dirjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Acuan ini biasa disebut dengan Analisa Harga Satuan (AHS), sedangkan untuk formatnya adalah menggunakan format tahun 2014 untuk standart harga satuan yang berada di wilayah Provinsi Sumatera Selatan.

Secara umum terdapat 11 divisi untuk item perhitungan biaya kebutuhan pemeliharaan pada AHS. Namun, dalam penelitian ini penulis akan mengelompokkan analisa biaya menjadi 2 macam yaitu biaya utama yang berhubungan langsung dengan hasil prediksi kondisi kinerja yang ditetapkan, dan biaya penunjang yang merupakan biaya-biaya lain yang diperlukan dalam pekerjaan pemeliharaan jembatan. Biaya penunjang ini meliputi biaya yang terdapat pada divisi umum, divisi pemeliharaan rutin (jalan dan jembatan), dan divisi perlengkapan jembatan. Adapun tahapan dalam penyusunan estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Besarnya biaya pemeliharaan jembatan hasil prediksi dengan sistem KBK dalam penelitian ini akan dibandingkan dengan biaya pemeliharaan jembatan yang telah dilakukan sebelumnya dengan sistem konvensional (tahun 2012 sampai dengan 2014). Dengan demikian biaya pemeliharaan yang dilakukan

akan dikonversi kedalam nilai biaya saat ini dengan menggunakan tingkat suku bunga bank. Dalam penelitian ini tingkat suku bunga bank diambil dari data tingkat suku bunga Bank Indonesia (BI rate) untuk tiap tahunnya.

Tabel 3.3 Perhitungan Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan

No	Jenis Kegiatan	Input	Proses	Output
1	Perhitungan biaya utama pemeliharaan jembatan tahun ke $n+1$	Hasil prediksi kondisi indikator kinerja jembatan	Menghitung kebutuhan biaya pemeliharaan (bahan, alat, dan tenaga) pada kebutuhan pemeliharaan yang akan dilakukan	Biaya utama pemeliharaan jembatan tahun ke $n+1$
2	Melakukan proses no.1 hingga tahun ke $n+5$	Hasil prediksi kondisi indikator kinerja jembatan	Menghitung kebutuhan biaya pemeliharaan (bahan, alat, dan tenaga) pada indikator kinerja utama pada pemeliharaan yang akan dilakukan	Biaya utama pemeliharaan tiap tahun sampai tahun ke $n+5$
3	Perhitungan biaya penunjang pemeliharaan jembatan	Data survey jembatan dan data histori biaya pemeliharaan jembatan	Menghitung kebutuhan biaya penunjang pekerjaan pemeliharaan jembatan pada divisi yang telah ditetapkan	Biaya penunjang pemeliharaan jembatan tiap tahun
4	Perhitungan secara total kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan selama 5 tahun	Biaya pemeliharaan jembatan tahun ke $n+1$ sampai dengan tahun ke $n+5$	Menjumlahkan biaya pemeliharaan jembatan tiap tahunnya mulai dari tahun ke $n+1$ sampai dengan tahun ke $n+5$ untuk biaya utama dan biaya penunjang pemeliharaan jembatan	Biaya kebutuhan pemeliharaan jembatan selama 5 tahun

BAB 4

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Jembatan Musi II ini merupakan jembatan dengan bangunan atas berjenis Rangka Baja Australia (RBA) yang berada di jalan Mayjend Yusuf Singadekane Kota Palembang. Jembatan Musi II berfungsi sebagai penghubung lalu lintas darat antara daerah Ulu dan Ilir di Kota Palembang. Jembatan ini terbagi menjadi 10 (sepuluh) bentang dengan 1 (satu) bentang utamanya sepanjang 101,6 meter.

Dalam pembahasan pada penelitian ini terbagi berdasarkan masing-masing rumusan masalah yang terdapat pada bab pendahuluan. Data inventaris jembatan ini disajikan seperti pada Tabel 4.1. Data inventaris jembatan adalah data mengenai keseluruhan jembatan. Data inventaris jembatan ini meliputi data teknis mengenai dimensi jembatan dan jenis tiap bagian jembatan serta data umum jembatan seperti nomor dan status jembatan.

4.2. Penyusunan Indikator Utama Kinerja Jembatan

Indikator kinerja jembatan digunakan sebagai tolok ukur tercapainya persyaratan mutu layanan pada sebuah kontak pemeliharaan jembatan yang dilakukan dengan jenis Kontrak Berbasis Kinerja (KBK). Persyaratan mutu layanan pada jembatan ini dapat dilihat pada Tabel 2.6. Penyusunan indikator kinerja jembatan yang ada dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan histori kerusakan jembatan yang terjadi dan terekam dalam laporan hasil survey detail jembatan tiap tahunnya.

Tabel 4. 1 Data Inventaris Jembatan Musi II

Nama Jembatan	: Air Musi II
Nama Ruas Jalan	: Jl. Mayjend Yusuf Singadekane
Kota/Provinsi	: Palembang / Sumatera Selatan
No. Jembatan	: 15.006.002.0 15
Status Jembatan	: Nasional
Jenis Jembatan	: Rangka Baja Australia (RBA)
Tipe Lintasan	: Sungai
Batas Muatan Gandar	: 10 ton
Tahun Pembangunan	: -
Panjang Jembatan	: 534,6 m
Lebar Jembatan	: 9 m
Lebar Perkerasan	: 7 m (2/2 UD)
Lebar Trotoar	: 2 m
Jumlah Bentang	: 10 bentang
Panjang Bentang	: 31,7 m : 31,7 m : 61,6 m : 61,6 m : 101,6 m (bentang utama) : 61,6 m : 61,7 m : 61,7 m : 30,7 m : 30,7 m

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

4.2.1. Klasifikasi Tipe Kerusakan Jembatan

Data kerusakan jembatan yang terjadi terekam dalam program *Bridge Management System* (BMS). Data kerusakan jembatan ini meliputi waktu survey, jenis kerusakan, kode kerusakan, lokasi serta besar atau jumlah kerusakan.

Sedangkan untuk data kerusakan jembatan yang diperoleh mulai tahun 2012 sampai dengan tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Data Histori Kerusakan Jembatan Musi II

Tahun	Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Lokasi	Jumlah
2012	803	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	B5	3,5 m
	202	Retak	B1	
	202	Retak	B2	
	202	Retak	B3	
	202	Retak	B4	
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B1	3 m ²
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B6	3,5 m ²
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B5	7 bh
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B2	6 bh
	806	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	B4	7 m
	305	Komponen yang rusak atau hilang	B3	5 m
	901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran		534,6 m
	912	Bagian hilang atau tidak ada		1 bh
2013	803	Bagian yang longgar	B5	3,5 m
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B1	3 m ²
	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	B6	3,5 m ²
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B2	6 bh
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B3	8 bh
	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	B5	7 bh
	806	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	B4	7 m

Tabel 4.2 Data Histori Kerusakan Jembatan Musi II (lanjutan)

Tahun	Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Lokasi	Jumlah
	305	Komponen yang rusak atau hilang	B3	5 m
	901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran		534,6 m
	912	Bagian yang hilang atau tidak ada		1 bh
2014	803	Lepasnya ikatan	B6	3,5 m
	202	Retak	B1,B2,B3, B4	
	202	Retak	B3	5 m ²
	723	Lapisan permukaan yang bergelombang	B1,B6	3,5 m ²
	711	Pipa cucuran/drainase lantai tersumbat	B2,5	13 bh
	806	Retak aspal pada sambungan yang bergerak	B4	7 m
	305	Komponen yang rusak/hilang	B3	5 m
	912	Bagian yang hilang atau tidak ada	A1	1 bh

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

Kerusakan tersebut tersebar pada bentang-bentang jembatan Musi II. Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa kerusakan jembatan yang terjadi pada jembatan Musi II yang terdata mulai tahun 2012 sampai tahun 2014 terdiri dari 8 jenis kerusakan yaitu sebagai berikut :

1. Bagian yang longgar / lepasnya ikatan
2. Retak (pada elemen beton)
3. Lapisan perkerasan yang bergelombang
4. Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat
5. Retak pada aspal karena pergerakan expansion joint
6. Komponen yang rusak atau hilang
7. Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran
8. Bagian yang hilang atau tidak ada

Dalam penelitian ini, indikator kinerja jembatan yang akan digunakan pada penerapannya pada Kontrak Berbasis Kinerja (KBK) akan dikelompokkan ke dalam 2 (dua) jenis yaitu indikator yang berhubungan dengan bagian struktur jembatan dan indikator yang berhubungan dengan bagian pelengkap jembatan. Berdasarkan atas jenis kerusakan jembatan yang seringkali muncul pada hasil survey jembatan, maka hasil pengelompokannya adalah seperti yang terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengelompokan Jenis Kerusakan Jembatan

	Jenis Kerusakan	Kode Kerusakan
Kerusakan Struktur Jembatan	Retak	202
	Lapisan perkerasan yang bergelombang	723
	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	806
Kerusakan Pelengkap Jembatan	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	711
	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	803
	Komponen yang rusak atau hilang	305
	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran	901
	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	912

Sumber : Hasil Analisis

4.2.2. Analisis Pareto Kerusakan Jembatan

Berdasarkan data kerusakan jembatan yang terdapat pada Tabel 4.2, maka dapat dilihat jumlah dan presentase masing-masing kejadian kerusakan terhadap seluruh kerusakan yang ada. Adapun tabel frekuensi kejadian kerusakan masing-masing tipe kerusakan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

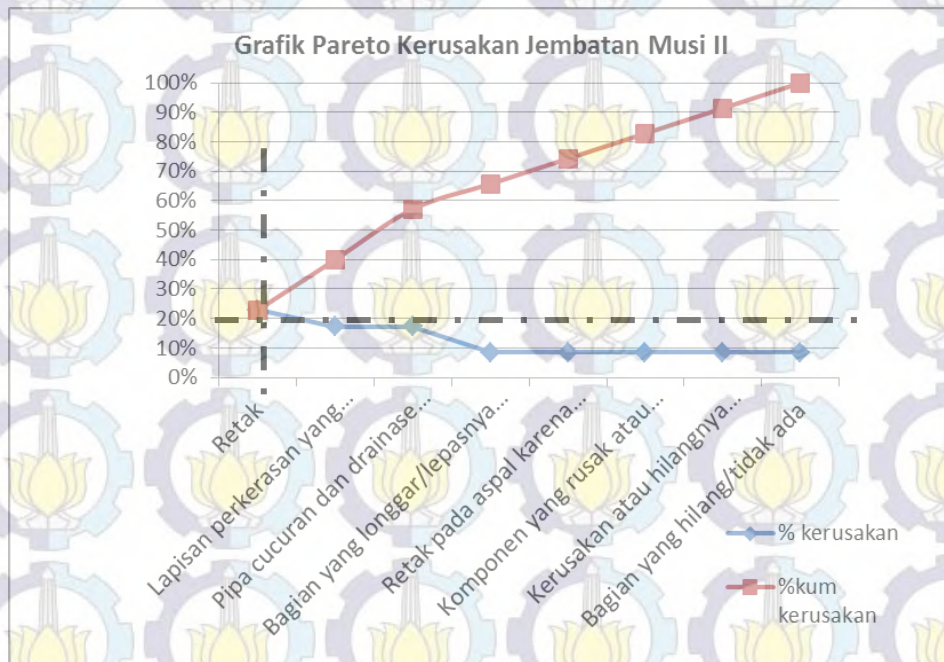
Tabel 4.4 Frekuensi Kejadian Masing-Masing Kerusakan Jembatan

No	Kode Kerusakan	Jenis Kerusakan	Frekuensi Kejadian	%	% Kumulatif
1	202	Retak	8	22,86%	22,86%
2	723	Lapisan perkerasan yang bergelombang	6	17,14%	40,00%
3	711	Pipa cucuran dan drainase lantai tersumbat	6	17,14%	57,14%
4	803	Bagian yang longgar/lepasnya ikatan	3	8,57%	65,71%
5	806	Retak pada aspal karena pergerakan di expansion joint	3	8,57%	74,29%
6	305	Komponen yang rusak atau hilang	3	8,57%	82,86%
7	901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran	3	8,57%	91,43%
8	912	Bagian yang hilang/tidak ada	3	8,57%	100,00%
		TOTAL	35	100%	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan frekuensi atau banyaknya kejadian masing-masing kerusakan jembatan dari tahun 2012 sampai tahun 2014 yang terjadi dapat diperoleh informasi bahwa jenis kerusakan jembatan pada jembatan Musi II yang paling sering muncul adalah jenis kerusakan jembatan dengan kode 202 yaitu kerusakan retak pada elemen beton lantai kendaraan sebanyak 22,86% dari keseluruhan kerusakan jembatan yang ada.

Dari frekuensi kejadian kerusakan jembatan yang ada pada Tabel 4.4, selanjutnya akan dicari jenis kerusakan yang dapat dianggap mewakili dan menentukan kerusakan-kerusakan jembatan yang lain dengan analisis pareto. Dengan demikian dibutuhkan suatu grafik pareto mengenai jenis kerusakan jembatan Musi II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Pareto Kerusakan Jembatan Musi II

Berdasarkan grafik pareto pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa kerusakan retak dengan kode kerusakan 202 merupakan kerusakan yang dianggap mewakili terhadap beberapa kerusakan yang ada pada jembatan Musi II dikarenakan memiliki frekuensi kejadian sebanyak 22,86% yaitu lebih dari 20% . Sehingga indikator utama dalam penentuan kinerja jembatan dalam penelitian diambil dari hasil analisis pareto ini. Selain itu indikator kinerja yang terdapat pada bagian struktur jembatan seperti yang telah dikelompokkan pada Tabel 4.3 juga merupakan indikator utama dalam penentuan kinerja jembatan pada penelitian ini.

Sehingga berdasarkan Gambar 4.1 dan Tabel 4.3 diperoleh 3 (tiga) macam indikator utama dalam penentuan kinerja jembatan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- Keretakan beton lantai kendaraan (kode 202)
- Permukaan aspal yang bergelombang (kode 723)
- Keretakan aspal di daerah ekspansi join (kode 806)

4.3. Penentuan Kondisi Kinerja Jembatan Saat ini

Kondisi terhadap Jembatan Musi II ini dipantau secara rutin oleh Direktorat Jenderal Bina Marga selaku pemegang wewenang atas jembatan yang ada di Indonesia. Dalam hal ini Direktorat Jenderal Bina Marga diwakili oleh Satuan Kerja yang ada di Kota Palembang. Berdasarkan data terakhir yang diperoleh dari instansi tersebut, menyebutkan bahwa pada saat inspeksi bulan Februari tahun 2014 secara umum Jembatan Musi II berada pada kondisi 2. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa Jembatan Musi II berada pada kondisi rusak ringan.

Menurut pembahasan mengenai KBK untuk kontrak pemeliharaan dalam NCHRP (*National Cooperative Highway Research Program*) Synthesis 389, yang membedakan KBK dengan kontrak jenis lain adalah penyedia jasa akan dibayar sesuai dengan hasil yang dicapai, bukan berdasarkan metode kerjanya. Sehingga pihak pengguna jasa perlu untuk membuat suatu tolak ukur terhadap hasil yang ingin dicapai atau diharapkan dari penyedia jasa.

Dalam kaitannya mengenai tolak ukur kinerja yang ingin dicapai pada kontrak pekerjaan pemeliharaan jembatan, sebagai pengguna jasa dalam pekerjaan pemeliharaan jembatan di Indonesia, Direktorat Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum telah mengembangkan suatu model implementasi KBK dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan dan jembatan di Indonesia. Hasil dari pengembangan model tersebut diantaranya adalah adanya persyaratan mutu layanan jembatan. Persyaratan mutu layanan jembatan ini merupakan suatu tolak ukur kinerja yang diharapkan oleh pihak Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum sebagai pengguna jasa terhadap penyedia jasa yang melakukan kontrak pekerjaan dengan jenis Kontrak Berbasis Kinerja (KBK).

Persyaratan mutu layanan jembatan diberlakukan pada masing-masing bagian pada tiap elemen jembatan. Kondisi kinerja jembatan diukur berdasarkan persyaratan mutu layanan jembatan yang telah ditentukan. Pihak penyedia jasa seharusnya menerapkan persyaratan mutu layanan jembatan tersebut agar kinerja jembatan yang dihasilkan baik. Apabila persyaratan mutu layanan jembatan belum dapat terpenuhi maka dapat dikatakan kondisi kinerja jembatan masih belum baik.

Persyaratan mutu pelayanan jembatan berdasarkan Tabel 2.6 menyebutkan kerusakan-kerusakan yang perlu dihindari pada tiap-tiap bagian jembatan serta

tenggang waktu lamanya waktu perbaikan yang diijinkan. Berdasarkan tenggang waktu yang diijinkan untuk waktu perbaikan ini, idealnya pemeriksaan terhadap kondisi jembatan perlu dilakukan tiap harinya oleh pengguna jasa. Dengan demikian apabila terjadi kerusakan pada bagian-bagian tertentu jembatan maka kerusakan tersebut dapat segera diperbaiki. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga kinerja jembatan agar tetap dapat memenuhi persyaratan mutu layanan jembatan yang ditetapkan.

Dalam penentuan kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang berdasarkan penggunaannya pada Kontrak Berbasis Kinerja, penulis mencoba untuk mencocokkan kondisi jembatan di lapangan dengan persyaratan mutu layanan jembatan yang ada. Tiap kerusakan yang terjadi pada jembatan yang terdapat pada hasil survey pada Tabel 4.2 akan dicocokkan terhadap pemenuhan persyaratan mutu layanan jembatan. Hasil survey jembatan yang digunakan adalah hasil survey detail jembatan Musi II Palembang yang terbaru yaitu data tahun 2014. Dengan demikian dapat diperoleh informasi mengenai kondisi jembatan Musi II Palembang berdasarkan kinerjanya. Ceklist kesesuaian antara kondisi lapangan di jembatan Musi II Palembang dengan persyaratan mutu layanan jembatan Musi II Palembang disajikan pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Ceklist Persyaratan Mutu Layanan Jembatan Musi II Palembang

Pengindikasi Kinerja	Mutu Pelayanan	Tenggang Waktu Perbaikan atau Toleransi yang Dijinkan	Kondisi Lapangan	Kode Kerusakan
3.1 Bangunan Atas				
3.1.1 Pelat Lantai				
Beton	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Rontok	Maksimum 14 hari	X	
	Keropos	Maksimum 14 hari	X	
	Mutu beton	Maksimum 28 hari	X	
	Rembesan air	Maksimum 7 hari	X	
	Retak	Maksimum 14 hari	Retak pada pelat lantai kendaraan	202
	Karat pada tulangan	Maksimum 21 hari	X	
	Pelapukan	Maksimum 14 hari	X	
	Gompal atau pecah	Maksimum 14 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	
3.1.2 Gelagar				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 14 hari	X	
	Karat	Maksimum 14 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 21 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	
3.1.3 Diafragma				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 14 hari	X	
	Karat	Maksimum 21 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 21 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	

Tabel 4.5 Ceklist Persyaratan Mutu Layanan Jembatan Musi II Palembang
(lanjutan)

Pengindikasi Kinerja	Mutu Pelayanan	Tenggang Waktu Perbaikan atau Toleransi yang Diiijinkan	Kondisi Lapangan	Kode Kerusakan
3.1.4 Rangka				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 14 hari	X	
	Karat	Maksimum 21 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 21 hari	X	
	Lendutan	Maksimum 42 hari	X	
	Baut longgar	Maksimum 21 hari	X	
3.1.5 Perletakan				
Karet	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Deformasi	Maksimum 21 hari	X	
	Pecah dan belah	Maksimum 14 hari	X	
	Mortar dasar retak	Maksimum 14 hari	X	
3.1.6 Expansion Joint				
Karet	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Tidak sama tinggi	Maksimum 7 hari	X	
	Longgar	Maksimum 7 hari	adanya bagian expansion joint yang longgar	803
	Ikatan lepas	Maksimum 7 hari	X	
	Hilang	Maksimum 7 hari	X	
3.1.7 Lapis Permukaan				
Aspal	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Licin	Maksimum 7 hari	X	
	Kasar	Maksimum 7 hari	X	
	Retak	Maksimum 7 hari	Retak pada aspal akibat pergerakan expansion joint	806
	Berlubang	Maksimum 7 hari	X	
	Bergelombang	Maksimum 7 hari	Aspal bergelombang	723

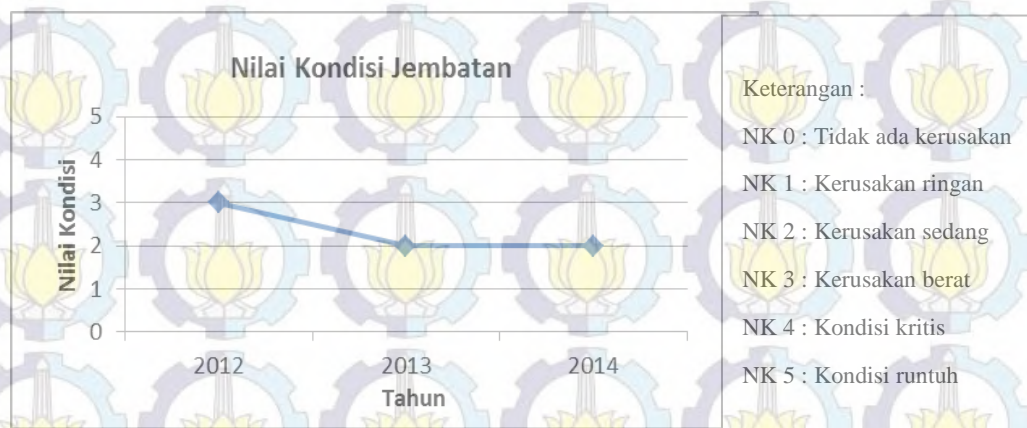
Tabel 4.5 Ceklist Persyaratan Mutu Layanan Jembatan Musi II Palembang
(lanjutan)

Pengindikasi Kinerja	Mutu Pelayanan	Tenggang Waktu Perbaikan atau Toleransi yang Dijinkan	Kondisi Lapangan	Kode Kerusakan
3.1.8 Trotoar				
Beton	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Gompal atau pecah	Maksimum 7 hari	X	
	Retak	Maksimum 7 hari	X	
	Karat pada tulangan	Maksimum 7 hari	X	
3.1.9 Sandaran				
Baja	Dihindari kerusakan :	Kerusakan harus diperbaiki dalam jangka waktu :		
	Penurunan mutu cat	Maksimum 7 hari	X	
	Karat	Maksimum 7 hari	X	
	Berubah bentuk	Maksimum 7 hari	Adanya sandaran yang rusak	305
	Hilang	Maksimum 7 hari	X	

Tanda silang (X) yang terdapat pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa persyaratan mutu layanan jembatan untuk bagian tersebut telah terpenuhi. Berdasarkan Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang saat ini masih belum tercapai dengan baik hal ini dapat dilihat bahwa terdapat beberapa persyaratan terhadap mutu layanan jembatan yang belum terpenuhi dengan terdapatnya kerusakan pada bagian jembatan seperti pelat lantai, expansion joint, lapis permukaan, serta trotoar dan sandaran jembatan yang merupakan bagian pelengkap jembatan. Ceklist berdasarkan Tabel 4.5 ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan mengenai besar estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan berdasarkan prediksi kondisi kinerja jembatan pada indikator utama jembatan serta pemenuhan terhadap persyaratan mutu layanan jembatan ini agar kinerja jembatan dapat tercapai dengan baik.

4.4. Prediksi Kondisi Kinerja Jembatan Selama 5 Tahun Mendatang

Kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang mengalami perubahan dari tahun ke tahunnya. hal ini disebabkan karena beberapa hal seperti penurunan kondisi jembatan dan juga pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan terhadap jembatan tersebut. Perubahan kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang dapat dilihat pada Gambar 4.2 dengan penjelasan mengenai Nilai Kondisi (NK) terdapat pada Subbab 2.2.4 mengenai penilaian kondisi jembatan.



Gambar 4.2 Grafik Perubahan Nilai Kondisi Jembatan Musi II Palembang

Pada Gambar 4.2 menunjukkan peningkatan nilai kondisi jembatan Musi II Palembang dari tahun 2012-2013. Peningkatan nilai kondisi ini dapat dilihat dengan nilai jembatan yang lebih kecil pada tahun 2013 dibandingkan dengan tahun 2012. Sedangkan pada tahun 2014 tidak terdapat perubahan nilai kondisi jembatan apabila dibandingkan dengan tahun 2013. Perbedaan perubahan nilai kondisi jembatan Musi II ini dipengaruhi oleh perbedaan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada waktu tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 mengenai jenis dan besar biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang selama tahun 2012 sampai dengan 2014.

Tabel 4.6 Jenis dan Besar Biaya Pemeliharaan Jembatan Musi II Palembang

Keterangan	Tahun Pemeliharaan		
	2012	2013	2014
Jenis Pemeliharaan	Berkala	Rutin	Berkala
Total Biaya Pemeliharaan	Rp 2.400.643.751	Rp 267.300.000	Rp 3.062.608.792
Rincian :			
DIV 1 Umum	Rp 58.580.000	-	Rp 43.333.000
DIV 3 Beton	Rp 878.020.258	-	Rp 2.547.804.718
Cairan Perekat (Epoxy Resin)	Rp 41.526.029	-	Rp 345.760.722
Bahan Penutup (Sealant)	Rp 57.858.611	-	Rp 418.860.542
Alat Penyuntik Anti Gravitasi	Rp 228.816.866	-	Rp 1.658.303.949
Penambalan dengan cara grouting - Furnished	Rp 549.818.752	-	Rp 116.642.096
DIV 4 Struktur Baja	Rp 1.245.803.152	-	-
Pengecatan pada Rangka Baja Galvanis den	Rp 954.587.828	-	-
Sand Blasting	Rp 110.166.237	-	-
DIV 8 Perlengkapan Jembatan	Rp -	-	Rp 193.052.093
Penggantian Elastomer Strip	-	-	-
Penggantian Expansion Joint	-	-	-
Marka Jalan Termoplastik	-	-	Rp 61.876.002
DIV 11 Pekerjaan Rutin	-	-	Rp 399.496.694
Pemeliharaan Rutin Jembatan	-	-	Rp 220.320.000
Sand Blasting	-	-	Rp 179.176.694

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

Jenis dan besar pekerjaan pemeliharaan jembatan pada tiap tahunnya yang terdapat pada Tabel 4.6 berpengaruh terhadap hasil nilai kondisi jembatan pada Gambar 4.2. Dimana pada Tabel 4.6 disebutkan bahwa pada tahun 2012 dilakukan pemeliharaan jembatan secara berkala dengan beberapa macam pekerjaan mayor terhadap jembatan, seperti penambalan dengan grouting serta pengecatan rangka baja dengan galvanis, sehingga mengakibatkan nilai kondisi jembatan naik dari NK 3 (tiga) pada tahun 2012 menjadi NK 2 (dua) pada tahun 2013. Sedangkan pada tahun 2013 jenis pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan rutin jembatan sehingga mengakibatkan tidak adanya kenaikan nilai kondisi jembatan yaitu dari NK 2 (dua) pada tahun 2013 tetap menjadi NK 2 (dua) pada tahun 2014.

Kontrak pekerjaan pemeliharaan jembatan dengan menggunakan sistem KBK merupakan kontrak pekerjaan yang waktu pelaksanaannya lebih dari satu tahun. Dalam latar belakang masalah penulis telah dituliskan mengenai lama waktu kontrak pekerjaan pemeliharaan jembatan, yaitu selama 5 (lima) tahun.

Sebelum menentukan perkiraan biaya kebutuhan pemeliharaan jembatan yang dibutuhkan, maka perlu untuk memprediksi bagaimana kondisi jembatan pada masa mendatang selama masa kontrak itu berlangsung. Dan prediksi kondisi

pada tiap indikator kinerja yang telah ditetapkan dalam penelitian ini menggunakan proses rantai markov.

Analisis rantai markov digunakan untuk mengetahui bagaimana kondisi kinerja jembatan di masa mendatang. Indikator kinerja yang digunakan dalam analisis rantai markov ini disesuaikan dengan adanya kerusakan jembatan yang berhubungan dengan struktur jembatan yang pernah terjadi pada jembatan Musi II Palembang, seperti yang telah disebutkan pada Tabel 4.3 mengenai pengelompokan jenis kerusakan jembatan, yaitu keretakan beton pada lantai kendaraan (kode kerusakan 202), serta kondisi lapisan perkerasan yang bergelombang (kode kerusakan 723) dan keretakan lapisan perkerasan karena pergerakan pada expansion joint (kode kerusakan 806). Sedangkan untuk kerusakan jembatan dari Tabel 4.5 yang tidak berhubungan dengan struktur jembatan atau yang sifatnya sebagai pelengkap jembatan, tidak dilakukan analisis rantai markovnya. Namun tetap akan dihitung biaya pemeliharaannya dengan dimasukkan sebagai biaya penunjang pemeliharaan jembatan tiap tahunnya. Penentuan prediksi kondisi kinerja utama jembatan dalam penelitian ini meliputi:

- Penentuan Vektor Probabilitas
- Penentuan Matrik Probabilitas Transisi
- Penentuan Prediksi Kondisi dengan Rantai Markov

4.4.1. Penentuan Vektor Probabilitas

Berdasarkan hasil penentuan kinerja utama jembatan dari Sub Bab 4.2 diperoleh 3 (tiga) jenis indikator kinerja utama jembatan yaitu keretakan beton pada lantai kendaraan (kode kerusakan 202), serta kondisi lapisan perkerasan yang bergelombang (kode kerusakan 723) dan keretakan lapisan perkerasan karena pergerakan pada expansion joint (kode kerusakan 806). Indikator kinerja utama jembatan ini selanjutnya akan diprediksi mengenai kondisi kinerjanya pada masa mendatang dengan analisis rantai markov ini.

Untuk penentuan vektor probabilitas ini, dianggap bahwa kondisi kinerja masing-masing indikator kinerja apabila terpenuhi secara keseluruhan apabila tidak terdapat kerusakan adalah 1. Dan vektor probabilitas yang digunakan

merupakan vektor probabilitas dengan 2 (dua) kondisi yaitu kondisi rusak dan baik seperti yang terdapat pada Persamaan (2.1). Apabila terdapat kerusakan pada indikator kinerja tersebut maka kuantitas kerusakannya akan dihitung berapa besar bagian kerusakannya terhadap keseluruhan indikator kinerja jembatan tersebut.

$$\text{Vektor probabilitas} = [\text{baik} \quad \text{rusak}] \quad (4.1)$$

Kondisi aktual ini merupakan kondisi yang terjadi pada masa sekarang terhadap indikator kinerja jembatan yang telah ditetapkan.. Kondisi aktual dapat terukur dari besarnya kerusakan yang terjadi pada masing-masing indikator kinerja jembatan. Selanjutnya, dari kondisi aktual masing-masing indikator kinerja jembatan ini akan diperoleh masing-masing vektor probabilitasnya. Pada penentuan vektor probabilitas ini digunakan data survey jembatan yang terakhir dilakukan yaitu survey jembatan Musi II Palembang semester ke 2 yang dilakukan pada bulan September 2014. Pada Tabel 4.7 disajikan mengenai data terakhir mengenai kuantitas kerusakan jembatan yang terjadi pada tiap indikator kinerja jembatan Musi II Palembang.

Tabel 4.7 Data Kuantitas Kerusakan pada Indikator Kinerja Jembatan Tahun 2014

kode indikator kinerja	kerusakan	
	kuantitas	satuan
202	5	m ²
723	3,5	m ²
806	7	m ²

Sumber : Satker P2JN Provinsi Sumatera Selatan

Selanjutnya dari data kuantitas kerusakan tiap indikator kinerja dari Tabel 4.7 akan dicari mengenai bagian kondisi rusak tersebut. Dimana bagian kerusakannya merupakan jumlah bagian yang rusak dibagi dengan luas area indikator kinerja seperti Persamaan (4.2) berikut ini.

$$\text{bagian rusak} = \text{jumlah kerusakan} / \text{luas area} \quad (4.2)$$

Dimana luas area tiap indikator kinerja berbeda-beda. Untuk indikator kinerja keretakan beton lantai kendaraan (kode 202) luas areanya meliputi panjang jembatan dikalikan dengan lebar jembatan seperti yang terdapat pada Persamaan (4.3). Sedangkan untuk indikator kinerja yang berada pada area perkerasan jalan seperti permukaan aspal yang bergelombang (kode 723) dan keretakan aspal pada daerah ekspansi join (kode 806) luas areanya merupakan luas perkerasan jalan yaitu panjang jembatan dikalikan dengan lebar jalan seperti pada Persamaan (4.4). Dimana data mengenai dimensi lebar dan panjang baik jembatan maupun perkerasan jalan pada jembatan Musi II ini dapat dilihat pada Tabel 4.1. Sehingga didapatkan luas area untuk tiap indikator kinerja utama jembatan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas lantai kendaraan} &= p_{\text{jemb}} \times l_{\text{jemb}} \quad (4.3) \\ &= 534,6 \times 9 \\ &= 4811,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas perkerasan jalan} &= p_{\text{jemb}} \times l_{\text{jalan}} \quad (4.4) \\ &= 534,6 \times 7 \\ &= 3742,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga dari Tabel 4.7 dan hasil dari Persamaan (4.3) dan Persamaan (4.4) dengan menggunakan Persamaan (4.2) akan diperoleh presentase kerusakan pada tiap indikator kinerja utama jembatan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{rusak kode 202} &= \text{jumlah kerusakan} / \text{luas lantai jembatan} \\ &= 5 \text{ m}^2 / 4811,4 \text{ m}^2 \\ &= 0,001039 = 0,1 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{rusak kode 723} &= \text{jumlah kerusakan} / \text{luas perkerasan jalan} \\ &= 3,5 \text{ m}^2 / 3742,2 \text{ m}^2 \\ &= 0,000935 = 0,09 \% \end{aligned}$$

rusak kode 723

= jumlah kerusakan / luas perkerasan jalan

$$= 7 \text{ m}^2 / 3742,2 \text{ m}^2$$

$$= 0,00187 = 0,187 \%$$

Hasil dari perhitungan presentase kondisi masing-masing indikator kinerja utama jembatan ini secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.8. Dimana nilai kondisi baik pada tiap indikator kinerja di Tabel 4.8 ini merupakan selisih dari 1 dengan nilai kondisi rusak yang terjadi pada tiap indikator kinerja jembatan.

Tabel 4.8 Nilai Kondisi Aktual Indikator Kinerja

kode indikator kinerja	kerusakan		total area		Kondisi rusak	Kondisi baik
	kuantitas	satuan	kuantitas	satuan		
202	5	m2	4811,4	m2	0,0010392	0,998961
723	3,5	m2	3742,2	m2	0,0009353	0,999065
806	7	m2	3742,2	m2	0,0018706	0,998129

Sumber : Hasil Perhitungan

Selanjutnya dari hasil nilai kondisi baik dan rusak pada tiap indikator utama jembatan dari Tabel 4.8 akan dibentuk suatu vektor probabilitas seperti pada Persamaan (4.1). Sehingga akan dihasilkan vektor probabilitas untuk tiap indikator kinerja utama jembatan seperti yang terdapat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Vektor Probabilitas Aktual Indikator Kinerja

kode indikator kinerja	vektor probabilitas
202	[0,999 0,001]
723	[0,999 0,001]
806	[0,998 0,002]

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.2. Penentuan Matrik Probabilitas Transisi

Matrik probabilitas transisi merupakan matrik yang nantinya akan berpengaruh terhadap perubahan kondisi kinerja, dalam hal ini adalah kondisi kinerja jembatan. Matrik probabilitas transisi berisikan mengenai perubahan kondisi kinerja jembatan dari tahun ke tahun. Perubahan kondisi ini diantaranya disebabkan oleh adanya kegiatan pemeliharaan jembatan yang dilakukan sehingga menaikkan tingkat kinerja jembatan. Selain itu, penurunan kondisi jembatan sendiri yang diakibatkan oleh fungsi waktu juga tidak dapat diabaikan seperti yang ada pada kurva *deterioration model* pada BMS. Penurunan kondisi jembatan ini dapat dilihat dari laju kerusakan yang terjadi pada jembatan. Sehingga analisis ini menggunakan 2 (dua) macam matrik probabilitas transisi, yaitu Matrik Probabilitas Transisi kegiatan pemeliharaan (P_p) dan Matrik Probabilitas Transisi kerusakan (P_k). Dalam penulisan ini perubahan kondisi yang dianalisis adalah kondisi jembatan Musi II Palembang selama 3 tahun yaitu 2012-2013-2014.

A. Matrik Probabilitas Transisi terhadap Kerusakan Jembatan

Berdasarkan pengelompokan kriteria kondisi yang ditetapkan sebelumnya pada masing-masing indikator kinerja jembatan, yaitu kondisi baik dan rusak, maka matrik probabilitas transisinya adalah matrik yang berukuran 2x2. Hal ini disesuaikan dengan peluang masing-masing perubahan yang mungkin terjadi dari 2 (dua) kriteria kondisi yang ada yaitu 4 (empat) jenis perubahan/transisi. Masing-masing kriteria kondisi (baik dan rusak) sama sama memiliki peluang untuk berubah atau tetap. Sehingga tiap kriteria tersebut memiliki total kemungkinan berubah atau bertransisi sebanyak 100% atau 1. Perubahan kondisi indikator kinerja jembatan digambarkan pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Diagram Perpindahan Kondisi Indikator Kinerja Utama Jembatan

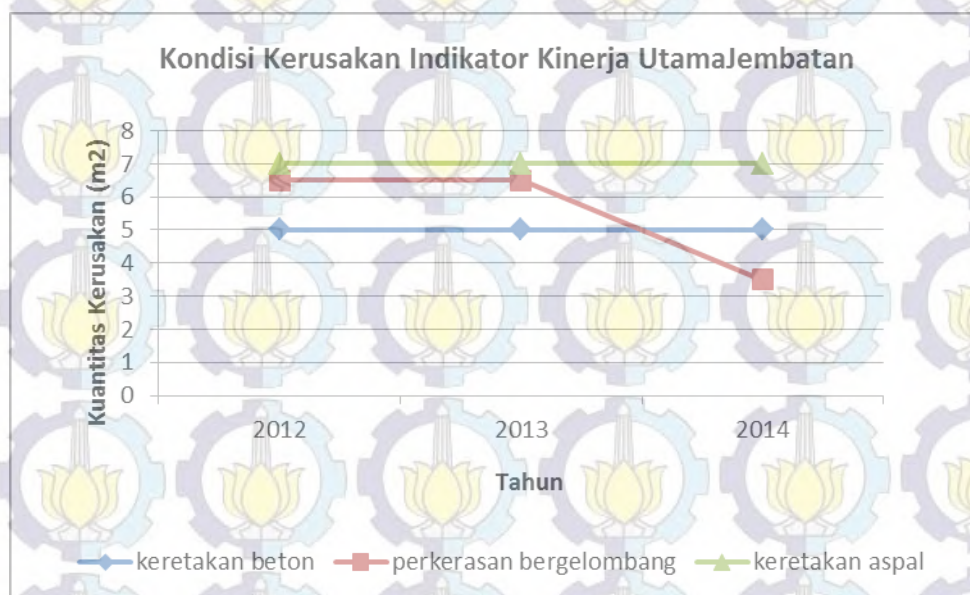
Berdasarkan ilustrasi yang terdapat pada gambar diagram transisi pada Gambar 4.3, maka dapat diambil 4 macam perubahan yang mungkin terjadi dari kedua kondisi tersebut. Perubahan yang mungkin terjadi sesuai dengan notasi angkanya adalah sebagai berikut :

1. Dari kondisi baik (A) menjadi tetap baik (A)
2. Dari kondisi baik (A) menjadi rusak (B)
3. Dari kondisi rusak (B) menjadi baik (A)
4. Dari kondisi rusak (B) menjadi tetap rusak (B)

Dari peluang perubahan di atas, maka dapat diperoleh matrik transisi seperti berikut.

$$P_k = \begin{bmatrix} AA & AB \\ BA & BB \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Dalam penentuan matrik probabilitas transisi terhadap laju kerusakan (P_k), data inventory terhadap kerusakan jembatan yang digunakan adalah data survey BMS seperti yang terdapat pada Tabel 4.2. Berdasarkan data tersebut maka akan didapatkan besarnya kuantitas masing-masing kerusakan pada indikator kinerja utama jembatan seperti yang digambarkan pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Kuantitas Kerusakan Indikator Kinerja Utama Jembatan

Dari grafik yang terdapat pada Gambar 4.4 dapat dilihat besarnya kuantitas masing-masing kerusakan yang terjadi untuk tiap indikator kinerja yang ditetapkan. Perubahan yang terjadi pada tahun 2012 ke 2013 dapat dikatakan hampir tidak terjadi perubahan. Untuk itu dalam penyusunan matrik probabilitas transisi terhadap kerusakan indikator kinerja data ini tidak digunakan, sehingga data yang digunakan adalah perubahan kerusakan untuk tahun 2013 dan 2014.

Sebelum menyusun matrik probabilitas transisinya, maka perlu untuk diketahui besarnya kuantitas masing-masing kondisi pada tiap indikator kinerja pada satuan masing-masing. Dengan rincian kondisi rusak adalah kuantitas kerusakan yang terjadi pada tahun tersebut dan kondisi baik adalah selisih dari luas area dengan kerusakan yang terjadi pada indikator kinerjanya. Besarnya kuantitas tiap kondisi pada tiap indikator kinerja untuk tahun 2013 dan 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.10. Selanjutnya dari Tabel 4.10 akan dihasilkan besarnya perubahan disesuaikan dengan peluang perubahan yang terjadi pada Persamaan (4.5). Selanjutnya peluang perubahan kondisi tiap indikator kinerja jembatan ini dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Kuantitas Kondisi Indikator Kinerja Jembatan

kode indikator kinerja	kuantitas (dalam satuan masing-masing)			
	2013		2014	
	baik	rusak	baik	rusak
202	4806,4	5	4806,4	5
723	3735,7	6,5	3738,7	3,5
806	3735,2	7	3735,2	7

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.11 Peluang Perubahan Kondisi Indikator Kinerja Jembatan

kode indikator kinerja	kondisi pada tahun ini	kondisi pada tahun berikutnya (m2)		peluang kondisi pada tahun berikutnya	
		baik	rusak	baik	rusak
202	baik	4806,4	0	1	0
	rusak	0	5	0	1
723	baik	3735,7	0	1	0
	rusak	3	3,5	0,462	0,538
806	baik	3735,2	0	1	0
	rusak	0	7	0	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perubahan kondisi kerusakan pada indikator kinerja jembatan seperti pada Tabel 4.11, maka dapat diperoleh matrik probabilitas transisi, sesuai dengan persamaan matrik yang ada pada Persamaan (4.5). Maka matrik probabilitas transisi terhadap kerusakan yang dihasilkan adalah seperti berikut :

$$P_k^1 202 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_k^1 723 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0,462 & 0,538 \end{bmatrix}$$

$$P_k^1 806 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

B. Matrik Probabilitas Transisi terhadap Pekerjaan Pemeliharaan

Dalam penentuan matrik probabilitas transisi terhadap kegiatan pemeliharaan (P_p), besarnya nilai transisi atau perubahan pada matrik probabilitas transisi ini tergantung pada kuantitas pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan yang terkait dengan upaya penanganan kerusakan pada masing-masing indikator kinerja. Sehingga perlu untuk menentukan jenis pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan terhadap masing-masing indikator kinerja utama jembatan. Dalam hal ini penulis mengacu dari pedoman Dirjen Bina Marga untuk pemeliharaan jembatan yaitu *Bridge Management System* (BMS). Dengan mengacu jenis pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan terhadap tiap kerusakan jembatan dari BMS, maka diperoleh jenis pekerjaan pemeliharaan yang dapat dilakukan untuk tiap indikator kinerja utama jembatan seperti yang terdapat pada Tabel 4.12.

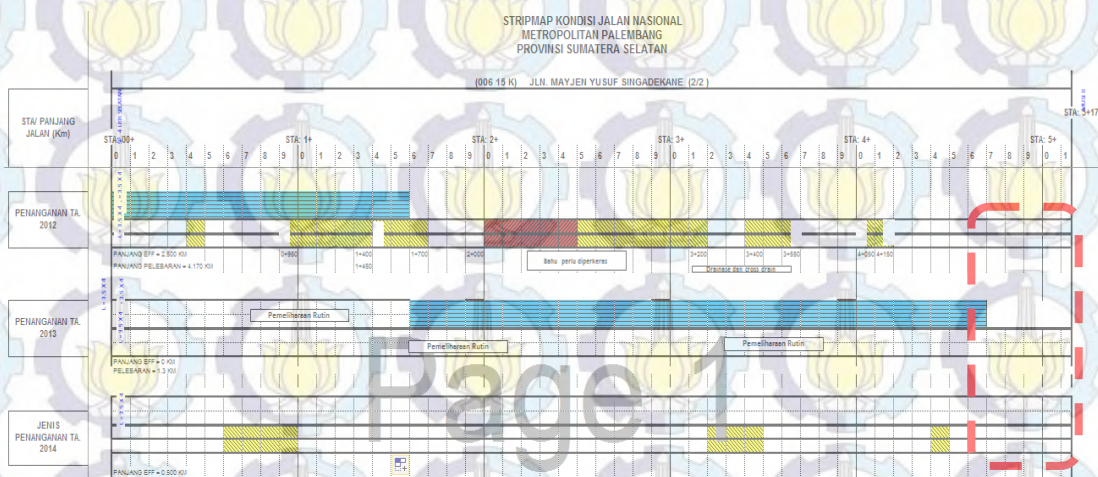
Tabel 4.12 Jenis Pekerjaan Pemeliharaan pada Tiap Indikator Kinerja

Indikator Kinerja	Kode Indikator Kinerja	Jenis Pekerjaan Pemeliharaan yang Dapat Dilakukan
Keretakan beton pada lantai kendaraan	202	Grouting dengan suntikan bahan perekat epoxy pada daerah retakan beton
Lapisan permukaan jalan yang bergelombang	723	Penggantian lapis aspal yang sesuai dengan spesifikasi teknis di sepanjang aspal yang bergelombang
Kerusakan lapisan aspal permukaan karena pergerakan di expansion joint	806	Penggantian lapis aspal yang baru dengan tambahan perekat epoxy di daerah sekitar expansion joint

Sumber : Bridge Management System (BMS)

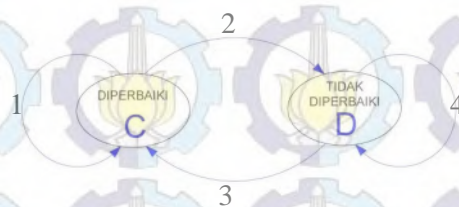
Pada data biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang yang terdapat pada Tabel 4.6 tidak ditemukan pekerjaan penanganan pada kerusakan yang terjadi pada lapis permukaan jalan. Hal ini dikarenakan terjadi pemisahan pekerjaan yang disesuaikan dengan kewenangan pekerjaan pemeliharaan jalan dan jembatan pada ruas jalan tersebut. Sehingga untuk data mengenai kuantitas pekerjaan pada lapis permukaan diperlukan data dari pekerjaan pemeliharaan jalan yang berada di atas jembatan Musi II ini, yaitu jalan Mayjend Yusuf Singadekane Palembang.

Berdasarkan STA panjang jalan yang ditentukan oleh Dirjen Bina Marga mengenai jl. Mayjend Yusuf Singadekane Palembang, lokasi jembatan Musi II ini tepat berada di akhir STA jalan yaitu STA 4+650 sampai dengan STA 5+175 . Dengan menyesuaikan panjang jembatan Musi terhadap STA jalan yang ada, dapat diambil kesimpulan bahwa pada tahun 2012-2013-2014 dilakukan pemeliharaan rutin untuk lapis permukaan jalan yang berada di atas jembatan Musi II ini. Hal ini ditandai dengan gambar stripmap penanganan jalan yang berwarna putih untuk lokasi pada jembatan Musi II Palembang. Gambar selengkapnya mengenai penyesuaian lokasi jembatan Musi II terhadap jalan eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Posisi Jembatan Musi II terhadap STA Jalan Mayjend Yusuf Singadekane Palembang

Kegiatan pemeliharaan dalam matrik probabilitas transisi terhadap kegiatan pemeliharaan (P_p) berdasarkan kuantitas pekerjaan pemeliharaan diasumsikan berupa 2 (dua) kondisi yaitu diperbaiki dan tidak diperbaiki. Kondisi diperbaiki merupakan kuantitas pekerjaan yang dilakukan terhadap upaya penanganan kerusakan pada masing-masing indikator kinerja jembatan. Sedangkan kondisi tidak diperbaiki merupakan selisih antara keseluruhan area kerusakan dengan kuantitas pekerjaan perbaikan yang dilakukan (pekerjaan pemeliharaan) untuk tiap indikator kinerja pada tahun tersebut. Dengan demikian ukuran matrik probabilitas transisi terhadap kegiatan pemeliharaan (P_p) berukuran 2×2 . Gambaran untuk perubahan kegiatan pemeliharaan yang terjadi pada tiap indikator kinerja dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Diagram Perpindahan Kegiatan Pemeliharaan pada Indikator Kinerja Utama Jembatan

Berdasarkan ilustrasi diagram perpindahan untuk perubahan kegiatan pemeliharaan di atas, didapatkan peluang perubahan untuk kegiatan pemeliharaan jembatan sesuai dengan notasi angkanya adalah sebagai berikut :

1. Dari diperbaiki (C) menjadi tetap diperbaiki (C)
2. Dari diperbaiki (C) menjadi tidak diperbaiki (D)
3. Dari tidak diperbaiki (D) menjadi diperbaiki (C)
4. Dari tidak diperbaiki (D) menjadi tetap tidak diperbaiki (D)

Sehingga matrik probabilitas transisi terhadap pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan akan dihasilkan sebagai berikut.

$$P_k = \begin{bmatrix} CC & CD \\ DC & DD \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Tabel 4.13 Kuantitas Pekerjaan Pemeliharaan pada Indikator Kinerja Jembatan

kode indikator kinerja	2013	2014	satuan
202	0	3,05	m2
723	6,5	6,5	m2
806	7	7	m2

Sumber : Satker P2JN Proinsi Sumatera Selatan

Berdasarkan kuantitas pekerjaan pemeliharaan pada indikator kinerja utama jembatan Musi II Palembang yang terdapat pada Tabel 4.13 dan kuantitas kerusakan pada indikator kinerja utama jembatan pada Tabel 4.10, akan dicari peluang perubahan terhadap pekerjaan pemeliharaannya. Besarnya peluang perubahan terhadap pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan ini dapat dilihat pada Tabel 4.14. Dimana peluang perubahan ini nantinya akan dibentuk menjadi matrik probabilitas transisi seperti yang terdapat pada Persamaan (4.6).

Tabel 4.14 Peluang Perubahan Pekerjaan Pemeliharaan pada Indikator Kinerja Jembatan

kode indikator kinerja	pemeliharaan pada tahun ini	pemeliharaan pada tahun berikutnya (m2)		peluang pemeliharaan pada tahun berikutnya	
		diperbaiki	tidak	diperbaiki	tidak
202	diperbaiki	-3,05	0	1	0
	tidak	3,05	1,95	0,61	0,39
723	diperbaiki	6,5	0	1	0
	tidak	0	6,5	0	1
806	diperbaiki	7	0	1	0
	tidak	0	7	0	1

Sumber : Hasil perhitungan

Dari perubahan kondisi kerusakan pada indikator kinerja jembatan seperti pada Tabel 4.14, maka dapat diperoleh matrik probabilitas transisi terhadap pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan. Sesuai dengan Persamaan matrik yang terdapat pada Persamaan (4.6), maka matrik probabilitas transisi terhadap pekerjaan pemeliharaan adalah seperti berikut :

$$P_p^{-1} 202 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0,61 & 0,39 \end{bmatrix}$$

$$P_p^{-1} 723 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_p^{-1} 806 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.4.3. Prediksi Kondisi dengan Proses Rantai Markov

Prediksi yang akan dilakukan pada analisis ini ialah prediksi kondisi pada indikator kinerja jembatan Musi II Palembang selama 5 (lima) tahun mulai dari tahun 2015 sampai tahun 2020. Dalam memprediksi kondisi indikator kinerja jembatan ini, diperlukan vektor kondisi aktual dan matrik peluang transisi. Hasil prediksi kondisi indikator kinerja jembatan diperoleh dengan mengalikan antara vektor kondisi aktual dengan matrik transisi probabilitasnya. Atau secara matematis dapat ditulis seperti Persamaan (4.7).

$$X^t = X_0 \cdot P_k^t \cdot P_p^t \quad (4.7)$$

dimana :

X^t = prediksi kondisi indikator kinerja pada tahun ke-t

X^0 = vektor kondisi indikator kinerja aktual tahun ke-0

P_k^t = matrik probabilitas transisi kondisi pada tahun ke-t

P_p^t = matrik probabilitas transisi pemeliharaan pada tahun ke-t

Matrik probabilitas transisi yang digunakan dalam analisis rantai markov ini menggunakan dua macam perubahan atau transisi, yaitu transisi kondisi indikator kinerja dan transisi pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan. Dalam analisis rantai markov ini untuk memprediksi kondisi yang akan datang maka vektor kondisi aktual dikalikan dengan matrik probabilitas transisi dari kondisi indikator kinerja terlebih dahulu untuk selanjutnya dikalikan dengan matrik probabilitas transisi dari pekerjaan pemeliharaan.

Selanjutnya akan dilakukan analisis rantai markov dengan menggunakan Persamaan (4.7) berdasarkan dari hasil vektor probabilitas pada Tabel 4.9, matrik probabilitas transisi terhadap kerusakan pada Tabel 4.11, serta matrik probabilitas transisi terhadap pekerjaan pemeliharaan pada Tabel 4.14. Sehingga diperoleh besarnya prediksi kondisi kinerja pada indikator kinerja utama jembatan selama 5 (lima) tahun mendatang dalam penelitian ini. Untuk selengkapnya mengenai hasil prediksi kondisi kinerja ini dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16.

Tabel 4.15 Hasil Prediksi Perubahan Kondisi Indikator Kinerja Jembatan dalam Prosentase

Kode Indikator Kinerja	Tahun ke	Kondisi Aktual Tahun ke t (X)		Prediksi Kondisi tahun ke t+1		Perubahan Kondisi Tiap Tahun (%)		Perubahan Kondisi Selama 5 Tahun (%)
202	1	0,99896	0,0010	0,9996	0,0004	0,0634	-0,0634	
	2	0,9996	0,0004	0,9998	0,0002	0,0247	-0,0247	
	3	0,9998	0,0002	0,9999	0,0001	0,0096	-0,0096	
	4	0,9999	0,0001	1,0000	0,0000	0,0038	-0,0038	
	5	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0015	-0,0015	0,0619
723	1	0,9991	0,0009	0,9995	0,0005	0,0432	-0,0432	
	2	0,9995	0,0005	0,9997	0,0003	0,0232	-0,0232	
	3	0,9997	0,0003	0,9999	0,0001	0,0125	-0,0125	
	4	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0067	-0,0067	
	5	0,9999	0,0001	1,0000	0,0000	0,0036	-0,0036	0,0395
806	1	0,9981	0,0019	0,9981	0,0019	0,0000	0,0000	
	2	0,9981	0,0019	0,9981	0,0019	0,0000	0,0000	
	3	0,9981	0,0019	0,9981	0,0019	0,0000	0,0000	
	4	0,9981	0,0019	0,9981	0,0019	0,0000	0,0000	
	5	0,9981	0,0019	0,9981	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Hasil Prediksi Perubahan Kondisi Indikator Kinerja Jembatan dalam Satuan Sebenarnya

Kode Indikator Kinerja	Tahun ke	Kondisi Aktual Tahun ke t (X)		Prediksi Kondisi tahun ke t+1		Perubahan Kondisi Tiap Tahun		Perubahan Kondisi Selama 5 Tahun
202	1	4806,400	5,000	4809,450	1,950	3,050	-3,050	
	2	4809,450	1,950	4810,640	0,761	1,190	-1,190	
	3	4810,640	0,761	4811,103	0,297	0,464	-0,464	
	4	4811,103	0,297	4811,284	0,116	0,181	-0,181	
	5	4811,284	0,116	4811,355	0,045	0,071	-0,071	2,979
723	1	3738,700	3,500	3740,315	1,885	1,615	-1,615	
	2	3740,315	1,885	3741,185	1,015	0,870	-0,870	
	3	3741,185	1,015	3741,654	0,546	0,468	-0,468	
	4	3741,654	0,546	3741,906	0,294	0,252	-0,252	
	5	3741,906	0,294	3742,042	0,158	0,136	-0,136	1,480
806	1	3735,200	7,000	3735,200	7,000	0,000	0,000	
	2	3735,200	7,000	3735,200	7,000	0,000	0,000	
	3	3735,200	7,000	3735,200	7,000	0,000	0,000	
	4	3735,200	7,000	3735,200	7,000	0,000	0,000	
	5	3735,200	7,000	3735,200	7,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.16 menunjukkan hasil prediksi perubahan kondisi pada indikator kinerja jembatan berbeda-beda untuk masing-masing indikator kinerja. Hal ini dikarenakan tiap indikator kinerja jembatan memiliki kondisi aktual dan matrik probabilitas transisi yang berbeda pula.

Hasil perubahan kondisi sampai tahun ke-5 untuk indikator kinerja jembatan dengan kode 202 (keretakan beton lantai kendaraan) sebesar 2,979 m² atau sebesar 0,0619% dari keseluruhan area lantai kendaraan. Presentase kondisi baik meningkat dari yang awalnya 99,90% menjadi 99,999% \approx 100%.

Hasil perubahan kondisi sampai tahun ke-5 untuk indikator kinerja jembatan untuk indikator kinerja dengan kode 723 (aspal bergelombang) sebesar 1,480 m² atau 0,0395% dari keseluruhan area lantai kendaraan. Presentase kondisi baik mengalami peningkatan dari yang semula 99,91% menjadi 99,996% \approx 100%.

Hasil perubahan kondisi sampai tahun ke-5 untuk indikator kinerja jembatan untuk indikator kinerja dengan kode 806 (keretakan aspal pada daerah ekspansi joint) sebesar 0%. Tidak adanya perubahan kondisi untuk indikator kinerja dengan kode 806 dikarenakan peluang perubahan untuk penurunan kondisi dengan pekerjaan pemeliharannya adalah sama besarnya. Dalam artian, penurunan kondisi yang terjadi selalu dapat diimbangi dengan pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan.

4.5. Perhitungan Estimasi Biaya Pekerjaan Pemeliharaan Jembatan

Biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan dalam penggunaan kontrak pada pekerjaan pemeliharaan jembatan di area Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum mengacu pada spesifikasi teknis yang ada. Dalam spesifikasi teknis ini tertuang mengenai bagaimana metode pekerjaan, persyaratan material yang digunakan hingga cara pembayaran pekerjaan terhadap penyedia jasa berdasarkan kuantitas material yang digunakan dalam pekerjaan pemeliharaan.

Dalam kontrak pekerjaan pemeliharaan yang berbasis kinerja atau yang lebih dikenal dengan KBK, pihak penyedia jasa diberikan kebebasan untuk mengembangkan metode kerjanya asalkan mutu layanan dapat tercapai. Dalam

NCHRP Synthesis 389, Kontrak Berbasis Kinerja (KBK) model seperti ini disebut dengan kontrak kinerja dengan “Warranty Based”. Yaitu penyedia jasa atau kontraktor menjamin dari kinerja suatu material pada satu atau beberapa aktifitas pekerjaan pemeliharaan sampai batas waktu yang ditentukan. Apabila penyedia jasa tersebut gagal, maka dia memiliki kewajiban untuk memperbaikinya. Dalam penelitian ini waktu kontrak yang dilakukan adalah selama 5(lima) tahun dengan rincian 2(dua) tahun masa pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan jembatan dan 3(tiga) tahun masa jaminan pemeliharaan jembatan.

Penyusunan biaya dalam analisis ini mengacu kepada standart penyusunan biaya yang dimiliki oleh Dirjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Standart penyusunan biaya tersebut biasa disebut dengan Analisa Harga Satuan (AHS). AHS yang digunakan merupakan AHS untuk wilayah Sumatera Selatan pada tahun 2014 yang disesuaikan dengan kebutuhan biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan Musi II Palembang ini berdasarkan hasil prediksi kondisi jembatan tiap tahunnya dari proses rantai markov yang telah dilakukan sebelumnya. Komponen biaya dalam penyusunan biaya ini akan dikelompokkan menjadi 2(dua) bagian yaitu:

1. Biaya Utama. yaitu sebagai komponen biaya utama hasil dari analisis kebutuhan biaya berdasarkan hal-hal yang terkait dalam pemeliharaan terhadap indikator kinerja utama jembatan.
2. Biaya Penunjang. Yaitu komponen biaya lain yang tidak berkaitan langsung dengan pemeliharaan terhadap indikator kinerja jembatan yang ditetapkan, namun komponen biaya ini digunakan sebagai penunjang pekerjaan pada pekerjaan pemeliharaan jembatan agar kegiatan pemeliharaan jembatan dapat berjalan dengan baik.

4.5.1. Biaya Utama

Biaya utama dalam penyusunan analisis kebutuhan biaya pada penelitian ini didasarkan pada pemenuhan kebutuhan pemeliharaan untuk 3(tiga) jenis indikator kinerja yang ditetapkan berdasarkan hasil prediksi kondisi masing-masing. Kebutuhan mengenai rincian pekerjaan pemeliharaan yang perlu dilakukan pada tiap indikator kinerja disesuaikan dengan spesifikasi teknis dan

juga AHS nya. Sehingga nantinya akan menghasilkan rincian pekerjaan pemeliharaan yang berbeda-beda pada tiap indikator kinerja.

Besarnya kuantitas kebutuhan pemeliharaan jembatan pada tiap indikator kinerja didapatkan dari selisih antara kondisi akhir dan awal tiap tahunnya yang dapat dilihat dari Tabel 4.16. Selanjutnya besarnya kuantitas kebutuhan pekerjaan pemeliharaan pada masing-masing indikator kinerja jembatan dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4.17 Prediksi Kuantitas Kebutuhan Pemeliharaan Jembatan pada tiap Indikator Kinerja

Kode Indikator Kinerja	Tahun ke	Kuantitas Pekerjaan		Jenis Pekerjaan Pemeliharaan	Kelompok Biaya
		Hasil Prediksi	Simulasi KBK		
202	1	3,050	3,050	grouting	elemen beton jembatan
	2	1,190	1,905		
	3	0,464			
	4	0,181			
	5	0,071			
723	1	1,615	1,615	patching	pemeliharaan rutin perkerasan jalan
	2	0,870	0,870		
	3	0,468	0,468		
	4	0,252	0,252		
	5	0,136	0,136		
806	1	7,000	7,000	patching	pemeliharaan rutin perkerasan jalan
	2	7,000	7,000		
	3	7,000	7,000		
	4	7,000	7,000		
	5	7,000	7,000		

Sumber : Hasil Perhitungan

Indikator kinerja keretakan beton pada lantai kendaraan (kode 202) dengan jenis pekerjaan pemeliharaan grouting, masuk dalam kelompok biaya elemen beton jembatan. Sedangkan rincian biaya untuk kebutuhan biaya pekerjaan

grouting lantai kendaraan ini sendiri adalah meliputi biaya cairan perekat (epoxy), bahan penutup (sealant), penyuntik anti gravitasi, dan lapisan furnishing untuk grouting itu sendiri. Pekerjaan grouting ini dilakukan pada tahun ke 1 dan ke 2. Hal ini dikarenakan pada analisis biaya dengan berbasis KBK ini disimulasikan bahwa pekerjaan pelaksanaan pemeliharaan dilakukan selama 5(lima) tahun dengan rincian 2(dua) tahun masa pelaksanaan pekerjaan dan 3(tiga) tahun masa jaminan pekerjaan. Selain itu prediksi kerusakan pada indikator 202 seperti yang ada pada tabel untuk tahun ke 2 sampai dengan ke 5 relatif kecil sehingga dapat digabungkan. Sehingga, kuantitas prediksi pemeliharaan jembatan untuk indikator kinerja kode 202 ini adalah seperti yang terdapat pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.

Sedangkan untuk indikator kinerja aspal bergelombang (kode 723) dan keretakan aspal di daerah expansion joint (806) menggunakan jenis pekerjaan patching atau penambalan pada aspal jalan untuk metode penanganannya. Kuantitas dari pekerjaan untuk indikator 723 dan 806 ini relatif kecil (<10 m). Sehingga dalam penyusunan biayanya akan dimasukkan kedalam biaya rutin perkerasan jalan yang terdapat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.18 Biaya Grouting pada Elemen Beton Jembatan (Tahun ke 1)

Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Cairan Perekat (Epoxy Resin)	Kg	918	Rp 376.727	Rp 345.760.722
Bahan Penutup (Sealant)	Kg	1705	Rp 245.717	Rp 418.860.542
Alat Penyuntik Anti Gravitasi	Buah	22755	Rp 72.876	Rp 1.658.303.949
Penambalan dengan cara grouting - Furnished	M3	3,05	Rp 38.243.310	Rp 116.642.096
Jumlah Harga Pekerjaan				Rp 1.774.946.045

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.19 Biaya Grouting pada Elemen Beton Jembatan (Tahun ke 2)

Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Cairan Perekat (Epoxy Resin)	Kg	573	Rp 376.727	Rp 215.946.038
Bahan Penutup (Sealant)	Kg	1065	Rp 245.717	Rp 261.600.780
Alat Penyuntik Anti Gravitasi	Buah	14212	Rp 72.876	Rp 1.035.699.386
Penambalan dengan cara grouting - Furnished	M3	1,905	Rp 38.243.310	Rp 72.849.219
Jumlah Harga Pekerjaan				Rp 1.108.548.605

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.2. Biaya Penunjang

Biaya penunjang dalam analisis ini merupakan komponen biaya yang tidak berhubungan langsung dengan pemenuhan pemeliharaan terhadap hasil prediksi kondisi pada indikator kinerja utama jembatan. Namun biaya penunjang ini tetap diperlukan dalam keberlangsungan pekerjaan pemeliharaan jembatan seperti biaya untuk mobilisasi personil dan pengaturan lalu lintas, biaya lain yang penting namun tidak muncul dalam indikator kinerja utama jembatan seperti biaya pengecatan dan pembersihan rangka baja, serta biaya-biaya lain yang digunakan dalam pemenuhan persyaratan mutu layanan jembatan dari Tabel 4.5 sebelumnya. Adapun rincian mengenai biaya penunjang pemeliharaan jembatan Musi II ini adalah sebagai berikut :

- Biaya umum. Meliputi biaya mobilisasi personil dan biaya pengaturan lalu lintas. Besar biaya umum ini dapat dilihat pada Tabel 4.20.
- Biaya elemen struktur baja. Meliputi biaya pembersihan terhadap rangka baja jembatan serta biaya pengecatan rangka jembatan seperti yang terdapat pada Tabel 4.21. Biaya ini dibebankan sekali selama masa kontrak berjalan yaitu pada tahun pertama atau awal kontrak.
- Biaya perlengkapan jembatan. Meliputi biaya untuk marka jalan serta biaya untuk penanganan kerusakan yang muncul pada hasil survey tetapi tidak menjadi indikator kinerja utama jembatan. Biaya ini dibebankan sekali selama masa kontrak berjalan yaitu pada tahun pertama atau awal kontrak dengan rincian seperti yang terdapat pada Tabel 4.22.
- Biaya pemeliharaan rutin. Meliputi biaya pemeliharaan rutin perkerasan jalan dan biaya pemeliharaan rutin jembatan. Besarnya biaya pemeliharaan rutin jembatan ini dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.20 Biaya Umum Pemeliharaan Jembatan Musi II Palembang

Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Biaya Mobilisasi	LS	1	Rp 38.593.000	Rp 38.593.000
Biaya Pengaturan Lalu Lintas	LS	1	Rp 4.740.000	Rp 4.740.000
Jumlah Harga Pekerjaan				Rp 43.333.000

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.21 Biaya Elemen Struktur Baja Jembatan

Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pengecatan pada Rangka Baja Galvanis	M2	8019	Rp 119.041	Rp 954.587.828
Sand Blasting	M2	8019	Rp 138.748	Rp 1.112.623.497
Jumlah Harga Pekerjaan				Rp 1.293.672.584

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.22 Biaya Perlengkapan Jembatan Musi II Palembang

Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Marka Jalan Termoplastik	M2	133,65	Rp 256.913	Rp 34.336.484
Patok Pengarah	Buah	90	Rp 264.920	Rp 23.842.757
Penggantian Tiang Sandaran dan Sandaran Baja	M'	6	Rp 434.483	Rp 2.606.895
Jumlah Harga Pekerjaan				Rp 60.786.137

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.23 Biaya Pemeliharaan Rutin Jembatan Musi II Palembang

Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pemeliharaan Rutin Perkerasan	LS	1	Rp 160.200.000	Rp 160.200.000
Pemeliharaan Rutin Jembatan	LS	1	Rp 267.300.000	Rp 267.300.000
Jumlah Harga Pekerjaan				Rp 427.500.000

Sumber : Hasil Perhitungan

4.5.3. Total Biaya Pemeliharaan Jembatan

Dalam analisis estimasi biaya pemeliharaan jembatan dengan menggunakan Kontrak Berbasis Kinerja (KBK) ini perlu untuk dibandingkan dengan biaya pemeliharaan jembatan yang dilakukan dengan sistem kontrak

konvensional. Tujuannya agar dapat diperoleh informasi mengenai penghematan atau pemborosan yang mungkin terjadi dari penerapan sistem KBK ini untuk pekerjaan pemeliharaan jembatan.

Sebagai perbandingan hasil estimasi biaya pemeliharaan dengan sistem KBK ini akan dibandingkan dengan biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan Musi II Palembang selama tahun 2012 sampai dengan 2014 dengan sistem kontrak pemeliharaan konvensional. Untuk menghindari adanya perbedaan pada nilai rupiah, maka nilai biaya yang ada akan dirubah pada kondisi saat ini dengan memperhitungkan tingkat suku bunga yang terjadi selama 3 tahun tersebut. Data mengenai tingkat suku bunga pertahun dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Tingkat Suku Bunga Bank Per Tahun

Bulan	BI rate		
	2012	2013	2014
januari	6	5,75	7,5
februari	5,75	5,75	7,5
maret	5,75	5,75	7,5
april	5,75	5,75	7,5
mei	5,75	5,75	7,5
juni	5,75	6	7,5
juli	5,75	6,5	7,5
agustus	5,75	7	7,5
september	5,75	7,25	7,5
oktober	5,75	7,25	7,5
november	5,75	7,5	7,5
desember	5,75	7,5	7,75
rata rata	5,77	6,48	7,52

Sumber : Bank Indonesia

Selanjutnya nilai biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan untuk tahun 2012 sampai dengan 2014 akan ekivalensi menjadi nilai rupiah saat ini berdasarkan tingkat suku bunga yang terjadi tiap tahunnya dengan menggunakan rumus pada Tabel 2.7. Rumus untuk mencari nilai pemeliharaan saat ini berdasarkan Tabel 2.7 adalah seperti yang terdapat pada persamaan berikut.

$$(F/P)_i = P (1+i)^n \quad (4.8)$$

Dimana :

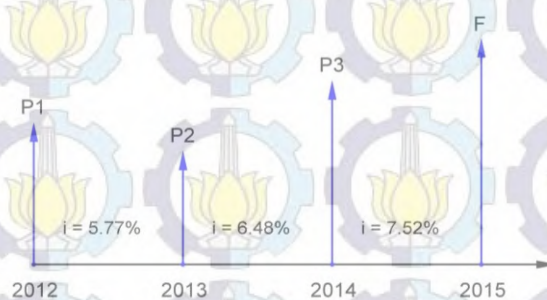
F = nilai pemeliharaan masa yang akan datang

P = nilai pemeliharaan pada masa sekarang

n = jumlah periode (tahun)

i = tingkat suku bunga bank

Untuk perhitungan nilai ekivalensi biaya pemeliharaan jembatan Musi II dengan menggunakan Persamaan (4.8), maka nilai biaya pada masa lampau (tahun 2012 sampai dengan 2014) merupakan nilai sekarang dengan notasi P yang nantinya akan diekivalensi menjadi nilai biaya pada tahun 2015 dengan notasi F . Untuk gambar lebih jelasnya mengenai ekivalensi biaya pemeliharaan jembatan musu II dapat dilihat pada ilustrasi aliran uang pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Ilustrasi Aliran Uang pada Ekivalensi Biaya Pemeliharaan Jembatan

Berdasarkan Gambar 4.7 di atas dapat dilihat penggambaran aliran uang untuk biaya pemeliharaan jembatan Musi II dari tahun 2012 sampai dengan 2015. Dimana P_1 merupakan biaya pemeliharaan pada tahun 2012, P_2 merupakan biaya pemeliharaan tahun 2013, P_3 merupakan biaya pemeliharaan tahun 2014. Dimana nilai dari P_1 , P_2 , dan P_3 ini dapat dilihat dari tabel 4.6 mengenai jenis dan besar biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang. Sedangkan F merupakan jumlah dari biaya pemeliharaan dari P_1 , P_2 , dan P_3 yang telah diekivalensi menjadi nilai biaya pemeliharaan jembatan pada tahun 2015.

Besarnya suku bunga bank atau i berbeda untuk tiap tahunnya menyebabkan perhitungan untuk tiap biaya pemeliharaan atau P perlu dilakukan secara bertahap sesuai dengan suku bunga per tahunnya. Yaitu untuk P_1 pada tahun 2012 diekivalensi menjadi P_1 tahun 2013 untuk diekivalensi lagi menjadi

P1 tahun 2014 dan terakhir adalah ekivalensi P1 tahun 2015. Sedangkan untuk P2 pada tahun 2013 akan diekivalensi menjadi P2 tahun 2014 dan terakhir ekivalensi P2 untuk tahun 2015. Untuk ekivalensi P3 hanya dilakukan sekali ekivalensi yaitu P3 untuk tahun 2015. Perhitungan ekivalensi nilai uang menggunakan Persamaan (4.8). Perhitungan untuk ekivalensi nilai uang dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{P1} \quad 2012 \rightarrow 2013 \quad (F/P1)_i^n &= P (1+i)^n \\ &= \text{Rp. } 2.400.643.751 (1+5,77\%)^1 \\ &= \text{Rp. } 2.539.180.900 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2013 \rightarrow 2014 \quad (F/P1)_i^n &= P (1+i)^n \\ &= \text{Rp. } 2.539.180.900 (1+6,48\%)^1 \\ &= \text{Rp. } 2.703.698.663 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2014 \rightarrow 2015 \quad (F/P1)_i^n &= P (1+i)^n \\ &= \text{Rp. } 2.703.698.663 (1+7,52\%)^1 \\ &= \text{Rp. } 2.907.039.334 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{P2} \quad 2013 \rightarrow 2014 \quad (F/P1)_i^n &= P (1+i)^n \\ &= \text{Rp. } 267.300.000 (1+6,48\%)^1 \\ &= \text{Rp. } 284.618.812 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2014 \rightarrow 2015 \quad (F/P1)_i^n &= P (1+i)^n \\ &= \text{Rp. } 284.618.812 (1+7,52\%)^1 \\ &= \text{Rp. } 306.024.519 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{P2} \quad 2014 \rightarrow 2015 \quad (F/P1)_i^n &= P (1+i)^n \\ &= \text{Rp. } 3.062.608.792 (1+7,52\%)^1 \\ &= \text{Rp. } 3.292.942.495 \end{aligned}$$

Tabel 4.25 Nilai Ekuivalensi Biaya Pemeliharaan Jembatan Musi II

Tahun	Notasi	Biaya Pekerjaan Pemeliharaan	Tingkat suku bunga (%)	Nilai Biaya Pemeliharaan Ekuivalensi (Tahun 2015)
2012	P1	Rp 2.400.643.751	5,77	Rp 2.907.039.334
2013	P2	Rp 267.300.000	6,48	Rp 306.024.519
2014	P3	Rp 3.062.608.792	7,52	Rp 3.292.942.495
2015	F	JUMLAH		Rp 6.506.006.348

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.25 diperoleh nilai ekuivalensi biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang selama tahun 2012-2013-2014 yang telah diekuivalensi menjadi nilai biaya pemeliharaan saat ini. Nilai biaya pemeliharaan jembatan selama tahun 2012 sampai tahun 2014 yang telah diekuivalensi adalah sebesar Rp. 6.506.006.348 (enam milyar lima ratus enam juta enam ribu tiga ratus empat puluh delapan rupiah).

Tabel 4.26 Total Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan Tahun ke-1

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan
1	Umum	Rp 43.333.000
2	Jalan Pendekat	0
3	Beton	Rp 1.774.946.045
4	Struktur Baja	Rp 1.293.672.584
5	Struktur Kayu	0
6	Pondasi	0
7	Lapis Permukaan	0
8	Perlengkapan Jembatan	Rp 60.786.137
9	Pekerjaan Lain - lain	0
10	Pekerjaan Harian	0
11	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	Rp 427.500.000
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	Rp 3.600.237.766
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	Rp 360.023.777
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	Rp 3.960.261.542

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.27 Total Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan Tahun ke-2

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan
1	Umum	Rp 43.333.000
2	Jalan Pendekat	Rp -
3	Beton	Rp 1.108.548.605
4	Struktur Baja	Rp -
5	Struktur Kayu	Rp -
6	Pondasi	Rp -
7	Lapis Permukaan	Rp -
8	Perlengkapan Jembatan	Rp 34.336.484
9	Pekerjaan Lain - lain	Rp -
10	Pekerjaan Harian	Rp -
11	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	Rp 427.500.000
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)	Rp 1.613.718.089
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	Rp 161.371.809
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	Rp 1.775.089.898

Sumber : Hasil Perhitungan

Estimasi kebutuhan biaya untuk pemeliharaan jembatan Musi II Palembang dengan menggunakan sistem kontrak KBK tiap tahunnya pada penelitian ini dihitung tiap tahunnya berdasarkan perhitungan rincian biaya pada setiap kelompok biaya pekerjaan pemeliharaan jembatan, biaya utama dan biaya penunjang yang telah dihitung pada sub bab sebelumnya. Hasil dari estimasi biaya kebutuhan pemeliharaan jembatan Musi II tiap tahunnya dapat dilihat dari Tabel 4.26 dan Tabel 4.27.

Tabel 4.28 Total Estimasi Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jembatan

Tahun ke	Biaya Pekerjaan Pemeliharaan
1	Rp 3.960.261.542
2	Rp 1.775.089.898
3	Rp -
4	Rp -
5	Rp -
Jumlah	Rp 5.735.351.441

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.28 dapat dilihat besarnya total kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang selama tahun kontrak berjalan dengan sistim KBK (5 tahun) adalah dengan perincian 2 tahun masa pekerjaan fisik jembatan dan 3 tahun masa pemeliharaan jembatan. Diperoleh nilai total

kebutuhan pemeliharaan jembatan Musi II Palembang selama 5 (lima) tahun sebesar Rp. 5.735.351.441,- (lima milyar tujuh ratus tiga puluh lima juta tiga ratus lima puluh satu ribu empat ratus empat puluh satu rupiah). Apabila dibandingkan dengan nilai biaya pemeliharaan jembatan yang telah diekivalensi, yaitu sebesar Rp. 6.506.006.348 (enam milyar lima ratus enam juta enam ribu tiga ratus empat puluh delapan rupiah), nilai estimasi kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan Musi II Palembang dengan menggunakan sistem kontrak KBK dalam penelitian ini 13,43% lebih kecil. Untuk ringkasan dari hasil pembahasan permasalahan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29. Ringkasan Hasil Pembahasan Penelitian

No	Permasalahan	Hasil Pembahasan
1	Indikator apa saja yang menjadi indikator utama dalam menentukan kinerja jembatan?	Diperoleh 3 indikator kinerja utama jembatan, yaitu : keretakan beton lantai kendaraan (kode 202); perkerasan aspal yang bergelombang (kode 723); keretakan aspal pada daerah expansion joint (kode 806).
2	Bagaimana kondisi kinerja jembatan saat ini?	Kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang yang ada saat ini masih belum tercapai dengan baik. Hal ini dapat dilihat bahwa terdapat beberapa persyaratan terhadap mutu layanan jembatan yang belum terpenuhi dengan terdapatnya kerusakan pada bagian jembatan seperti pelat lantai, expansion joint, lapis permukaan, serta trotoar dan sandaran jembatan yang merupakan bagian pelengkap jembatan.
3	Bagaimana prediksi kondisi kinerja jembatan selama 5 tahun mendatang dengan simulasi rantai markov?	Hasil prediksi terhadap kondisi kinerja jembatan sampai tahun ke-5 berdasarkan simulasi rantai markov untuk masing-masing indikator kinerja jembatan adalah menghasilkan kerusakan jembatan sebesar: 2,979 m ² untuk kode 202; 1,480 m ² untuk kode 723; dan 0 untuk kode 806.
4	Berapakah besarnya kebutuhan biaya pemeliharaan jembatan selama 5 tahun mendatang?	Rp. 5.735.351.441

Sumber : Hasil Analisis

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan permasalahan serta pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Indikator kinerja yang menjadi indikator kinerja utama dalam menentukan kinerja jembatan adalah indikator kinerja jembatan yang berhubungan dengan struktur jembatan. Dalam analisis ini didapatkan 3 indikator kinerja utama pada jembatan Musi II Palembang yaitu : keretakan beton lantai kendaraan (kode 202); perkerasan aspal yang bergelombang (kode 723); keretakan aspal pada daerah expansion joint (kode 806).
2. Kondisi kinerja jembatan Musi II Palembang yang ada saat ini masih belum tercapai dengan baik. Hal ini dapat dilihat bahwa terdapat beberapa persyaratan terhadap mutu layanan jembatan yang belum terpenuhi dengan terdapatnya kerusakan pada bagian jembatan seperti pelat lantai, expansion joint, lapis permukaan, serta trotoar dan sandaran jembatan yang merupakan bagian pelengkap jembatan.
3. Hasil perubahan kondisi sampai tahun ke-5 untuk masing-masing indikator kinerja jembatan adalah sebagai berikut:
 - Indikator kinerja jembatan dengan kode 202 (keretakan beton lantai kendaraan) sebesar 2,979 m² atau sebesar 0,0619% dari keseluruhan area lantai kendaraan . Presentase kondisi baik meningkat dari yang awalnya 99,90% menjadi 99,999%.
 - Indikator kinerja dengan kode 723 (aspal bergelombang) sebesar 1,480 m² atau 0,0395% dari keseluruhan area lantai kendaraan. Presentase kondisi baik mengalami peningkatan dari yang semula 99,91% menjadi 99,996%.

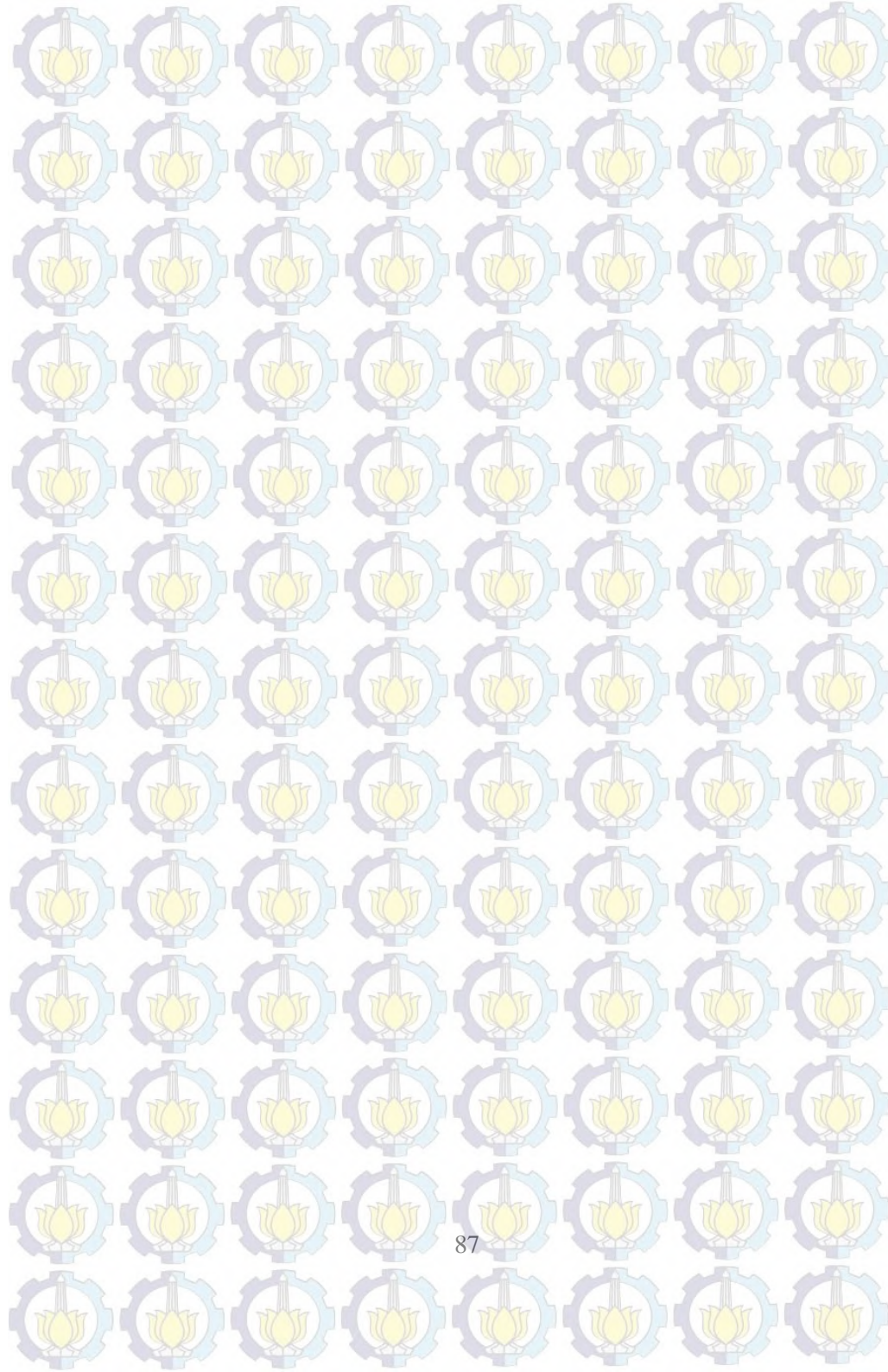
- Indikator kinerja jembatan untuk indikator kinerja dengan kode 806 (keretakan aspal pada daerah ekspansi joint) sebesar 0%.

4. Nilai total kebutuhan pemeliharaan jembatan Musi II Palembang selama 5 (lima) tahun yaitu sebesar Rp. 5.735.351.441,- (lima milyar tujuh ratus tiga puluh lima juta tiga ratus lima puluh satu ribu empat ratus empat puluh satu rupiah) dengan waktu pelaksanaan pekerjaan fisik jembatan selama 2 (dua) tahun dan waktu pemeliharaan jembatan selama 3 (tiga) tahun.

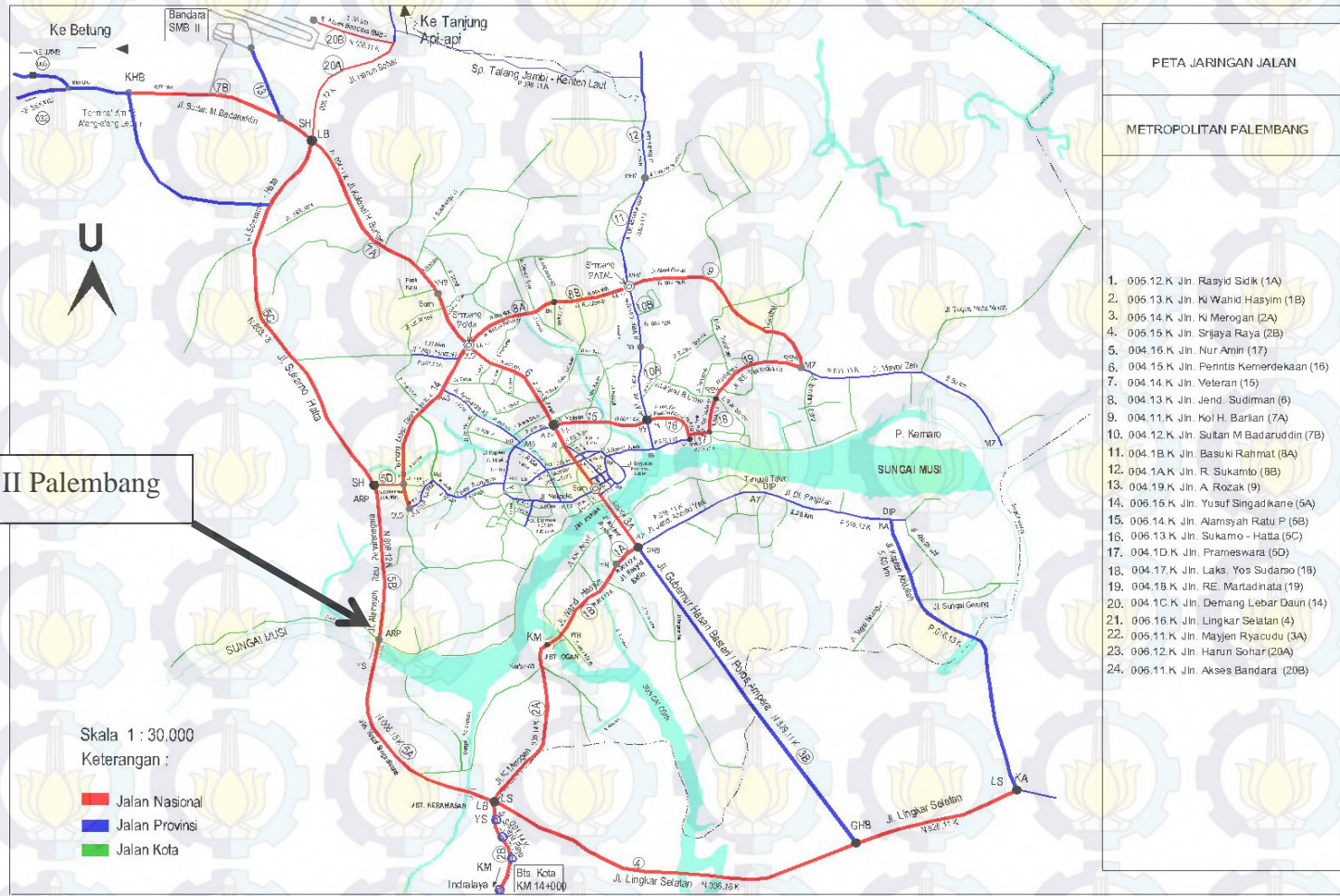
4.2. Saran

Saran yang diberikan dari penelitian ini adalah :

1. Perlunya data kerusakan yang lengkap dan menyeluruh terhadap bagian dan elemen jembatan untuk mendapatkan komponen biaya pemeliharaan yang lebih lengkap dan mendetail.
2. Diperlukan lebih banyak data series mengenai kondisi jembatan dan riwayat pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan agar dapat dihasilkan prediksi kondisi di masa mendatang yang lebih akurat.
3. Untuk mengantisipasi adanya wanprestasi atau cedera janji oleh penyedia jasa dalam pelaksanaan pelaksanaan pekerjaan fisik, maka disarankan untuk memberikan tambahan pasal dalam kontrak kerja mengenai pengaturan pembayaran pekerjaan fisik jembatan. Seperti misalnya pembayaran terhadap pekerjaan utama jembatan akan dibayarkan 80% dan pelunasannya sebesar 20% akan dibayarkan setelah masa kontrak pekerjaan berakhir.



Lampiran 1





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Badan Litbang Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. Laporan Akhir Pengembangan Model Implementasi PBC untuk Pembangunan dan Pemeliharaan Jalan di Indonesia. Bandung. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 1993. Panduan Pemeriksaan Jembatan. Jakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 1992. *Bridge Management System (BMS)*. Jakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 1993. Panduan Rencana dan Program IBMS. Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2009. Pemeriksaan Jembatan Rangka Baja. Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2009. Rehabilitasi Jembatan. Jakarta.

Gamerman, Dani. 1997. *Markov Chain Monte Carlo*. Chapman & Hall. London.

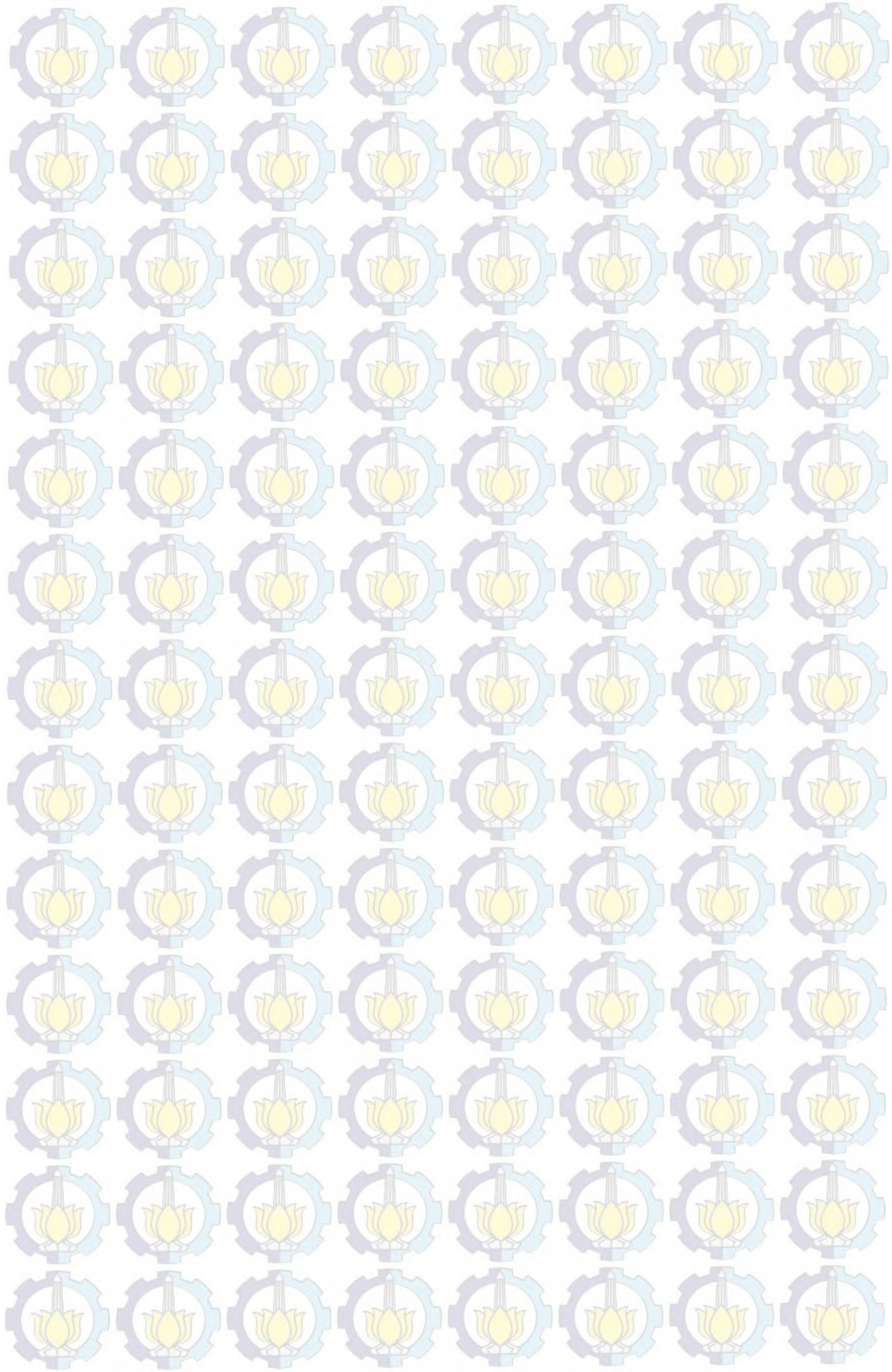
Leong, KC. 2004. *The Essecence of Asset Management*. UNDP-TUGI Kuala Lumpur.

Transportation Research Board . 2009. NCHRP Synthesis 389. Washington D.C.

<http://www.bi.go.id/id/moneter/bi-rate/data/Default.aspx> (diakses pada tanggal 8 Juli 2015)



Halaman ini sengaja dikosongkan





Penulis lahir di Jember, 30 Nopember 1988.

Menempuh pendidikan Sarjana pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya selama tahun 2006 sampai dengan 2010. Kemudian bekerja sebagai pegawai di Kementerian Pekerjaan Umum pada Direktorat Jenderal Bina Marga. Dan mengambil program karya siswa pada Program Studi

Magister Manajemen Aset Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya.

Informasi lebih lanjut tentang penulis dapat diakses melalui email :

chintyadewiarinda@gmail.com